

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente, Fase III

Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Jaime Marco Casals Thiele y Hans Martin Cruz Ruhle para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería en Ciencia de la Administración y Carlos Alberto Contreras Reyes y Mynor Estuardo Salguero Salguero para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Química

Guatemala
2016

Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente, Fase III

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



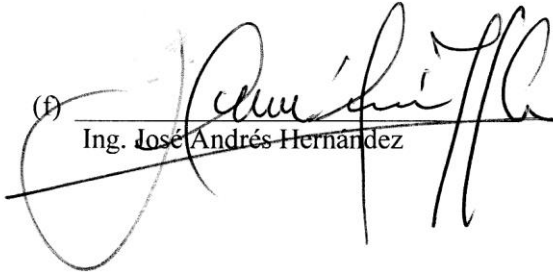
Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente, Fase III

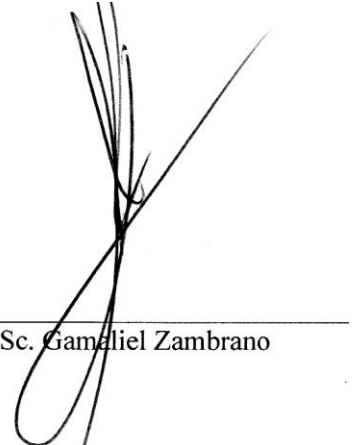
Trabajo de graduación en modalidad de Megaproyecto presentado por:

Jaime Marco Casals Thiele y Hans Martin Cruz Ruhle para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería en Ciencia de la Administración y Carlos Alberto Contreras Reyes y Mynor Estuardo Salguero Salguero para optar al grado académico de Licenciados en Ingeniería Química

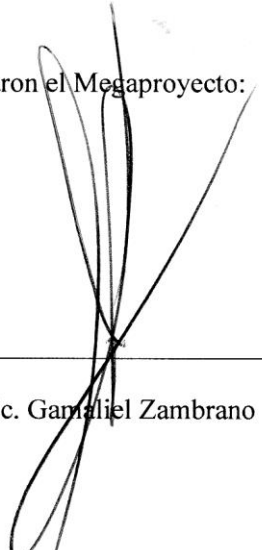
Guatemala
2016

Vo. Bo. :

(f) 
Ing. José Andrés Hernández

(f) 
Ing. MSc. Gamaliel Zambrano

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto:

(f) 
Ing. MSc. Gamaliel Zambrano

(f) 
Ing. MBA Celso Cerezo

Fecha de aprobación: Guatemala, 16 de noviembre de 2016.

ÍNDICE

LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	4
A. Objetivo general	4
B. Objetivos específicos.....	4
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	6
A. Shell Eco-marathon	6
B. Balance de materia	6
C. Grado de avance de reacción.....	7
D. Balance de energía.....	9
E. Combustión.....	10
F. Etanol como combustible	11
G. Inyección electrónica	13
H. Arranque en frío y fase de calentamiento	16
I. Motor encendido por chispa	16
J. Eficiencia volumétrica en equipos de combustión interna.....	18
K. Estado Ralentí	19
L. Simulink	21
M. Ecotrons	27
N. Recursos Humanos	29
O. Administración, operaciones y procesos	30
P. Logística de transporte.....	33
Q. Responsabilidad social empresarial y conciencia ambiental	34
R. Estudio de mercado	34
V. ANTECEDENTES	37
A. Arranque en frío	37
B. Curva de desempeño de un motor Honda GXH 50.....	37
C. Eficiencia volumétrica al inicio del período del Megaproyecto	39
D. Selección del equipo, procesos de compras y logística de transporte del vehículo	43
E. Perfil de entidades copartícipes, plan de comunicación y procesos administrativos pre competencia .	44
VI. METODOLOGÍA	47

A.	Ajuste de retraso de chispa del motor Honda GXH50	47
B.	Ajustar factor de enriquecimiento de combustible para el arranque en frío del motor Honda GXH50 48	
C.	Materiales y equipo de trabajo para módulo de eficiencia volumétrica	51
D.	Diseño, construcción e instalación	52
E.	Pruebas de funcionamiento	52
F.	Revisión de antecedentes	52
G.	Modelos matemáticos de eficiencia volumétrica	53
H.	Establecer parámetros específicos de la operación del motor.....	53
I.	Simular el modelo propuesto.....	54
J.	Verificar el modelo propuesto	54
K.	Aplicar el modelo matemático propuesto	54
L.	Perfiles de puestos de miembros del equipo	55
M.	Proceso de compras	56
N.	Logística de transporte.....	57
O.	Estudio de mercado para perfiles de entidades copartícipes.....	57
P.	Plan de comunicación	60
Q.	Procesos administrativos de preparación, inscripción e inspecciones técnicas de Eco-marathon... ..	62
VII.	RESULTADOS	64
A.	Arranque en frío	64
B.	Eficiencia Volumétrica	66
C.	Organigrama y proceso de selección del equipo	81
D.	Funciones por miembro del equipo Taq Balam	85
E.	Proceso para compras locales	92
F.	Proceso para compras del exterior	100
G.	Tramites, presupuesto y cronograma para transporte.....	104
H.	Plan de marketing y estudio de mercado	116
I.	Tipos de actividades de plan de comunicación	123
J.	Procesos administrativos de preparación, inscripción e inspecciones técnicas de SEM	139
VIII.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	151
A.	Módulo de arranque en frío.....	151
B.	Módulo eficiencia volumétrica.....	155
C.	Módulo de perfiles de puestos, procesos de compras y logística de transporte.....	159
D.	Módulo de perfiles de entidades copartícipes, plan de comunicación y procesos administrativos previo a competencia	162
IX.	CONCLUSIONES	167
X.	RECOMENDACIONES	170
XI.	BIBLIOGRAFÍA	173

XII.	ANEXOS.....	176
XIII.	GLOSARIO	255
XIV.	ABREVIATURAS	257

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Valores seleccionados para realizar	39
Cuadro 2: Valores numéricos previos a la implementación del modelo de la eficiencia volumétrica	41
Cuadro 3: Modelo para descripción de perfiles de puestos	56
Cuadro 4: Formato CANVAS	59
Cuadro 5: Formato de perfil de entidad copartípe de proyecto Taq Balam	60
Cuadro 6: Formato de diagrama PERT	61
Cuadro 7: Balance de materia del motor	64
Cuadro 8: Balance de energía del motor.....	65
Cuadro 9: Ángulo de retraso de chispa.....	65
Cuadro 10: Balance de materia modificando ángulo de retraso	65
Cuadro 11: Balance de energía modificando el ángulo de retraso.....	65
Cuadro 12: Resultados de los coeficientes para el modelo de la regresión múltiple de los parámetros	66
Cuadro 13: Resultados de la varianza de la regresión múltiple	67
Cuadro 14: Resultados de la estadística de la regresión múltiple	67
Cuadro 15: Resultados numéricos de los valores numéricos de la eficiencia volumétrica	82
Cuadro 16: Descripción y análisis de puesto para primer ingeniero químico	86
Cuadro 17: Descripción y análisis de puesto para primer ingeniero mecánico	87
Cuadro 18: Descripción y análisis de puesto para ingeniero mecatrónico	88
Cuadro 19: Descripción y análisis de puesto para 1º ingeniero industrial o en ciencia de la administración ...	89
Cuadro 20: Descripción y análisis de puesto para 2º ingeniero industrial o en ciencia de la administración ...	90
Cuadro 21: Descripción y análisis de puesto para piloto principal	91
Cuadro 22: Descripción y análisis de puesto para piloto reserva.....	92
Cuadro 23: Cronograma para proceso de compras locales menores a Q.900.00.....	99
Cuadro 24: Errores administrativos en procesos de compra durante los años del proyecto.....	100
Cuadro 25: Cronograma para transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia Shell Eco-marathon	114
Cuadro 26: Presupuesto para transporte de vehículo hacia la competencia exportación e importación	115
Cuadro 27: Análisis FODA.....	120
Cuadro 28: Modelo CANVAS	121
Cuadro 29: Perfil de entidad copartípe de proyecto Taq Balam	122
Cuadro 30: Continuación de perfil de entidad copartípe de proyecto Taq Balam	123
Cuadro 31: Especificación de tareas de actividad tipo evento de marca de patrocinadores.....	125
Cuadro 32: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo Evento de marca de patrocinadores	126
Cuadro 33: Especificación de tareas de actividad tipo Visita a una institución educativa	128
Cuadro 34: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo Visita a una institución educativa ...	129
Cuadro 35: Especificación de tareas de actividad tipo Evento de exposición social en programa “Pasos y Pedales”	131
Cuadro 36: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo evento de exposición social en programa “Pasos y Pedales”	132
Cuadro 37: Especificación de tareas de actividad tipo exposición del vehículo en Universidad del Valle	134
Cuadro 38: Continuación especificación de tareas de actividad tipo exposición del vehículo en Universidad del Valle	135
Cuadro 39: Especificación de tareas de actividad tipo entrevista a medios de comunicación	137
Cuadro 40: Índice de contenido de informe a patrocinadores post competencia.....	138
Cuadro 41: Encuesta de retroalimentación de patrocinadores	139
Cuadro 42: Cronograma con actividades de cada miembro del equipo	140
Cuadro 43: Continuación de cronograma con actividades de cada miembro del equipo.....	141
Cuadro 44: Cronograma para proceso de inscripción previa y competencia de Shell Eco-marathon	142
Cuadro 45: Diagrama de flujo para procedimiento de inscripción a Shell Eco-marathon	143

Cuadro 46: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon.....	148
Cuadro 47: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon parte dos.....	149
Cuadro 48: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon parte tres.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de un proceso químico	7
Figura 2: Evolución de una reacción irreversible.....	9
Figura 3: Comportamiento general de una combustión.....	11
Figura 4: Puntos óptimos de control en función de la carga de combustible y nivel CO.....	11
Figura 5: Cuadro comparativo de propiedades de gasolina y etanol.....	12
Figura 6: Punto muerto superior e inferior de un cilindro de un motor	16
Figura 7: Plataforma principal del modelo en Simulink.....	26
Figura 8: El “acelerador” y subsistemas del distribuidor de admisión.....	26
Figura 9: Pantalla de inicio en el programa de EcoCAL	28
Figura 10: Relación teórica de motor GXH50 de velocidad del motor (rpm) a potencia neta y torque neto....	38
Figura 11: Gráfico de la eficiencia volumétrica en función del MAP y las RPM	40
Figura 12: Gráfico de la eficiencia volumétrica en función del MAP	42
Figura 13: Marca de la aleta que señala PMS del motor	47
Figura 14: Cable de señal ECU a computadora	49
Figura 15: Interfaz de software EcoCal en Start Fuel	49
Figura 16: Escape utilizado para mediciones en el motor Honda GXH50.....	50
Figura 17: Velocidad del motor GXH50 en función del tiempo antes de la aplicación del modelo propuesto	55
Figura 18: Velocidad del motor en función del tiempo después de la aplicación del modelo propuesto	55
Figura 19: Correlación entre factor de enriquecimiento y temperatura antes del arranque.....	66
Figura 20: Gráfico de residuales del ángulo de retraso de la chispa	68
Figura 21: Gráfico de residuales aire combustible (A/F)	69
Figura 22: Gráfico de residuales de la masa de aire.....	70
Figura 23: Gráfico de curva de residuales de la velocidad del motor (Rad/s).....	71
Figura 24: Gráfico de curva de residuales ajustados del ángulo de retraso de la chispa.....	72
Figura 25: Gráfico de curva de residuales ajustados aire combustible (A/F).....	73
Figura 26: Gráfico de curva de residuales ajustados de la masa de aire	74
Figura 27: Gráfico de curva de residuales ajustados de la velocidad del motor (Rad/s).....	75
Figura 28: Implementación de la ecuación del torque en el modelo de Simulink	76
Figura 29: Masa de aire en el pistón desplegado por el modelo al agregar la ecuación	76
Figura 30: Gráfico de la combustión desplegado por el modelo al agregar la ecuación.....	77
Figura 31: Gráfico del cambio en la aceleración desplegado por el modelo al agregar la ecuación	77
Figura 32: Gráfico de la velocidad del motor desplegado por el modelo al agregar la ecuación	78
Figura 33: Gráfico de la velocidad del motor del simulador y datos medidos con EcoCAL	78
Figura 34: Resultado de eficiencia volumétrica.....	83
Figura 35: Organigrama equipo Taq Balam	81
Figura 36: Diagrama de flujo actual para selección de miembros del equipo Taq Balam	82
Figura 37: Diagrama de flujo propuesto para selección de miembros del equipo Taq Balam	84
Figura 38: Diagrama de flujo actual para solicitud de anticipo para gastos menores	93
Figura 39: Diagrama de flujo actual para compras menores a Q.900.00	95
Figura 40: Diagrama de flujo actual para compras mayores a Q.900.00	97
Figura 41: Diagrama de operaciones y procesos para compras en el extranjero	101
Figura 42: Diagrama de operaciones y procesos para transporte del vehículo	104
Figura 43: Diagrama de operaciones y procesos para obtener autorización de exportación temporal	107
Figura 44: Diagrama de operaciones y procesos para entrega de documentación para aduana de EE.UU. ...	110
Figura 45: Resultados pregunta No.1 de encuesta	116
Figura 46: Resultados pregunta No.2 de encuesta	117
Figura 47: Resultados pregunta No.3 de encuesta	117
Figura 48: Resultados pregunta No.4 de encuesta	118

Figura 49: Resultados pregunta No.5 de encuesta	118
Figura 50: Resultados pregunta No.6 de encuesta	119
Figura 51: Diagrama de flujo para evento de marca de patrocinador	124
Figura 52: Diagrama de flujo para visita a una institución educativa	127
Figura 53: Diagrama de flujo para evento de exposición social en “Pasos y Pedales”	130
Figura 54: Diagrama de flujo para evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala	133
Figura 55: Diagrama de flujo para evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala	136
Figura 56: Diagrama de Flujo para procedimiento de completar Inspecciones técnicas en SEM.....	145
Figura 57. Sistema para calibración de tanque de combustible	194
Figura 58. Tanque de combustible calibrado para medir masa.....	195
Figura 59. Interfaz del software EcoCal donde se modifica el flujo de combustible	196
Figura 60. Interfaz del software EcoCal donde se modifica el ángulo de ignición en función de RPM	196
Figura 61. Diagrama de flujo de motor.	197

RESUMEN

El presente proyecto consistió en la continuación de la construcción de un vehículo ultraeficiente para participar en la competencia Shell Eco-Marathon 2016, dentro la categoría prototipo etanol. Ésta es una competencia organizada por Shell Internacional, que se lleva a cabo en Detroit, Michigan donde los estudiantes deben diseñar, construir y manejar vehículos que alcancen consumos de combustible altamente eficientes. El equipo ganador es aquel que recorra la mayor distancia con la menor cantidad de combustible. El trabajo se dividió en cuatro módulos que fueron: Arranque en frío, eficiencia volumétrica, diseño de perfiles de puestos de los integrantes del equipo Taq Balam, procedimientos de compras y requisitos de la inspección técnica y estudio de mercadeo para empresas copartícipes.

El módulo de arranque en frío presentó las modificaciones que se realizaron a un motor Honda GXH50 para que, además de utilizar etanol combustible y un kit de inyección electrónica, tuviera un buen desempeño durante el arranque en frío. Para ello, fue necesario realizar un balance de masa y energía cuyo resultado fue que el requerimiento de etanol del motor era de 10.65 g/min para un flujo de aire de 89.86 g/min, para poder conservar una relación aire combustible de 9. Además, se encontró que únicamente estaba reaccionando el 26.6% del etanol entrante lo que quiere decir que no había suficiente aire en exceso dentro de la cámara o que la presión no era la adecuada. Además, también se modificó el factor de enriquecimiento antes del arranque y se determinó una relación dependiente de la temperatura inicial del motor con una curva exponencial $y = 1.9593e^{0.059x}$ para un rango de temperaturas entre 22.4°C y 25°C y a una presión barométrica de 102.6 kPa. Se determinó también que el ángulo de retraso de chispa que hacía que el motor funcione de la mejor manera y que hacía que la conversión de etanol mejorara era de -20°, ya que al utilizar este ángulo, el porcentaje de etanol que reaccionó fue de 66% y el motor estuvo encendido durante 12 minutos.

El módulo de eficiencia volumétrica tenía como objetivo utilizar modelos matemáticos para predecir la eficiencia volumétrica a través de un análisis de fenómenos transporte (flujo de fluidos, transferencia de calor y transferencia de masa) y balances de energía para tener un mejor desempeño del motor en las etapas de arranque, ralentí y aceleración. Como principales resultados se obtuvieron un modelo, como herramienta, en donde se describe el torque generado por el motor en función de la masa de aire que entra al motor (X_1), la velocidad del motor (X_2) y el ángulo de retraso de la chispa (X_3) con la forma: $y = 3.1966 + 58.9119 \cdot X_1 + (1.2237 \cdot 10^{-5}) X_2 + 0.0556X_3$, la cual se utilizó para poder simular el comportamiento del estado ralentí del motor. Esta simulación ayudó a determinar cómo los parámetros mencionados anteriormente influyen en la eficiencia volumétrica del motor. Tomando en consideración lo anterior, se llegó a modificar los valores de la misma para cada presión y velocidad del motor, suavizando la superficie de eficiencia volumétrica y mejorar el estado ralentí del motor.

El módulo de perfiles de puestos y procedimientos de compras buscaba dejar documentación y procedimientos fundamentados para que los siguientes equipos puedan continuar con el trabajo de una manera más fácil. Para los perfiles de puestos se detallaron siete puestos claves para conformar el equipo y se propuso un sistema de selección de personas. Por otro lado, para los procesos de compras se dividieron estos en dos grandes áreas, compras locales y externas, y a la vez la primera área de vio subdividida en obtención de fondos para gastos y compras mayores y menores a Q.900.00. A esto le complementó un cronograma, reduciendo así la dependencia de personas específicas para la gestión de los procesos. La gestión del transporte se dividió en actividades para obtención de permiso de exportación temporal, obtención de documentos para gestión de aduana en Estados Unidos y las tareas globales para preparar el vehículo y sus herramientas para el transporte. Esto también se acompaña de un cronograma y se adiciona el presupuesto que totaliza Q40,247.47 para las actividades de transporte.

El último módulo tenía como objetivo hacer una propuesta de perfil de entidades copartícipes, un plan de comunicación del equipo Taq Balam y un manual de procedimientos administrativos de preparación, inscripción y cumplimiento de inspecciones técnicas de la competencia. Se procedió Repartiendo una encuesta a diferentes empresas del sector privado en Guatemala tomando en cuenta tanto los intereses y comportamiento de consumo de las entidades, como los atributos que ofrecía el proyecto a las mismas. Por otro lado, el plan de comunicación establecido, detalló el procedimiento de ejecución de los cinco diferentes tipos de actividad que lo conformaban. Llevando a cabo este último, se proyectó aumentar el impacto social y mediático del proyecto. Por último, el manual de procesos administrativos se formó tomando en cuenta todos los procesos preparativos necesarios para la competencia. Incluyendo también, la recopilación de información referente a los procedimientos de inscripción y obtención de certificado de pruebas técnicas, indispensables para adquirir el derecho a competir en el circuito de la Shell Eco-marathon

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este megaproyecto fue el asegurar la confiabilidad del vehículo ultraeficiente UVGI1- 001, impulsado por etanol, para que recorra un circuito de seis millas a una velocidad mínima de 15 mph mediante el diseño e implementación de mejoras al mismo. Con este se participó en la competencia Shell Eco-marathon 2016, organizada por Shell Internacional. Este evento reta a equipos de estudiantes de toda América a diseñar, construir y probar su propio vehículo ultraeficiente y en este año se llevó a cabo en Detroit, Michigan, Estados Unidos del 20 al 24 de abril. El equipo Taq Balam de la Universidad del Valle de Guatemala compitió como único equipo de Guatemala y Centro América en la categoría de combustible alternativo, etanol. Ante la mirada de colegas de Estados Unidos, México, Brasil, Ecuador, Canadá y Puerto Rico, el equipo guatemalteco mostró su desarrollo llevando el prototipo a la pista de carrera.

El trabajo sobre este proyecto se llevó a cabo de junio a abril de 2016 y se dividió en dos partes, modificaciones y pruebas de funcionalidad. Se trabajaron en las áreas de Ingeniería Química, Mecánica y Ciencia de la Administración. En el presente trabajo, se exponen los resultados pertenecientes al área Química y al área de Ciencia de la Administración, con los módulos de arranque en frío, eficiencia volumétrica, perfil de puestos de los integrantes del equipo, la definición de proceso de compras y logística de transporte del vehículo ultraeficiente y; estudio de mercado para perfil de entidades copartícipes y plan de comunicación de Taq Balam.

Como punto de partida, se expone la materia relacionada con el módulo de arranque en frío. En la actualidad, existen dos maneras de abastecer un motor de combustible, el cual se caracteriza por aprovechar la energía química proveniente de la quema de combustible en una cámara de combustión para transformarla posteriormente en energía mecánica. Dichas maneras de abastecimiento actúan ya sea con un carburador o un inyector eléctrico. El carburador, es un elemento mecánico cuyo funcionamiento es similar al de un tubo Venturi, que, mediante aberturas de diámetros específicamente calculados para una sustancia con aire, aprovecha la formación de vacío para introducir el combustible en una cámara y formar la mezcla aire/combustible. En contraparte, un inyector electrónico permite la configuración mediante un software para establecer los parámetros óptimos para tener la mezcla aire/combustible ideal para la combustión. En el caso de la utilización de un sistema de inyección de combustible electrónica, el funcionamiento está dividido en cuatro grandes fases: Arranque en frío, calentamiento, estado estable o ralentí y aceleración/desaceleración. La fase de arranque en frío es donde el motor compensa las pérdidas de combustible debido a la condensación que se da dentro de la cámara de combustión debido a la baja temperatura dentro de ella. Seguidamente, luego de que el motor ya ha arrancado y tiene cierto número de RPM, el motor empieza a subir progresivamente su temperatura y la cantidad de combustible inyectada va de un valor alto a uno bajo en un periodo de tiempo definido.

En la etapa estable o estado ralentí, el motor está encendido y simplemente consumiendo la cantidad de combustible mínima para mantenerse encendido. Finalmente, en la fase de

aceleración/desaceleración va a depender de cuan abierta o cerrada esté la válvula de mariposa (que permite la entrada de aire a la cámara de combustión). El inyector detecta el requerimiento de combustible y calibra el tiempo de inyección del mismo para asegurar que el motor responda de manera correcta.

La fase de arranque en frío es crítica en la programación del sistema de inyección electrónica ya que dependerá también del ángulo de chispa y de factores externos, tales como la temperatura ambiente y la presión atmosférica, a los que esté expuesto el motor. Estos factores influyen directamente en las propiedades del aire, afectando así el flujo que entra al motor y, por ende, la necesidad de combustible que tendrá el motor.

Ahora bien, continuando con el progreso realizando en el área Química del proyecto, el segundo módulo desarrollado perteneciente a la misma fue el referido a la eficiencia volumétrica. Una de las partes con mayor relevancia en el proyecto es la adaptación de la funcionalidad del vehículo ultraeficiente con etanol. Durante cuatro años consecutivos, en los cuales ha estado este proyecto activo, se han ido definiendo los valores necesarios para controlar los parámetros con los que se hace la inyección con etanol. A pesar de los avances obtenidos hasta el momento, no se ha podido controlar de manera adecuada el funcionamiento del motor HONDA GXH50. Aún se tienen problemas de arranque en frío, aceleración, estado ralentí, entre otros. En lo que se refiere el presente módulo, se va a proveer una herramienta, utilizando un simulador para poder resolver algunos de los problemas actuales, los cuales involucran la estabilidad del estado ralentí del motor, por lo cual se utilizarán modelos matemáticos basados en termodinámica, flujo de fluidos y transferencia de calor para poder mejorar la eficiencia volumétrica del motor, incrementando la eficiencia de inyección y combustión de etanol.

Este proyecto, es la tercera fase de continuación, en donde se han ido implementando nuevas mejoras con los años, para poder ir mejorando las partes de la operación del motor etapa por etapa. Antes de poder implementar el módulo, el motor no se mantenía en estado ralentí, no aceleraba correctamente y encendía luego de intentar arrancarlo repetitivamente. Como se mencionó anteriormente, se quiere poder proveer las herramientas necesarias para poder cambiar los parámetros que influyen la operación y eficiencia del motor.

Con una simulación se pueden ir conduciendo experimentos en una computadora para poder establecer cómo se comportan ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, los cuales van a describir la estructura de sistemas complejos del motor. A través del estudio de simulación se pudo estudiar el efecto de los cambios de un sistema al alterar variables que están involucradas con el mismo. Una observación detallada del sistema que se está simulando puede conducir un mejor entendimiento del sistema y por consiguiente sugerir estrategias que mejoran la operación y eficiencia del sistema.

Cambiando ahora a los avances realizados en el área de Ciencias de la Administración, el primer módulo referida a esta fue el diseño de perfil de puestos de los integrantes del equipo Taq Balam, la definición de procesos de compras de recursos para la construcción de un vehículo ultraeficiente y la logística de transporte del vehículo ultraeficiente a competencia Shell Eco-marathon. Iniciando con materia de Recursos Humanos se muestra un organigrama que permite tener una vista general de la

organización del equipo. Posteriormente se describen los puestos mencionados en el organigrama por medio de descriptores de puestos. A esto se adiciona una propuesta para el desarrollo de la actividad de selección de miembros para el equipo Taq Balam. Para los procesos de compras se diseñaron diagramas de operaciones y procesos los cuales muestran en detalle el orden que deben seguir las tareas que componen los diferentes formatos de compras tanto locales (en Guatemala) como externas.

Por último, el cuarto módulo elaborado de igual forma pertenece a la división administrativa del proyecto. Puntualmente, el mismo se desarrolló con el fin de plantear una estrategia de comunicación del vehículo ultraeficiente, un estudio de mercadeo para propuesta de perfil de entidades copartícipes y la elaboración de un manual de procedimientos administrativos para registro, cumplimiento de inspecciones técnicas y certificación de consumo de combustible en Shell Eco-marathon. Desarrollando lo relacionado con el estudio de mercado, se realizó una encuesta repartida a 40 empresas de diferentes industrias guatemaltecas, con el fin de conocer sus intereses y comportamiento de consumidor en temas de actividades de aporte a la sociedad, proyectos de inversión y temas de preservación del medio ambiente. Así mismo, se realizó un estudio organizacional del proyecto Taq Balam, para poder delimitar el modelo de negocio y los beneficios que este otorga a las entidades copartícipes. Lo anteriormente expuesto, ejerció como base para la elaboración de un perfil de entidades copartícipes, tomando en cuenta características demográficas, psicográficas, de comportamiento y de reacción hacia la publicidad.

Ahora bien, en el caso del plan de comunicación, como primer punto se delimitó con colaboración del investigador principal el Ing. José Andrés Hernández, los cinco tipos de actividades sociales, educativas y mediáticas que debía de conformar la actividad publicitaria del proyecto. Nombrados tipos de actividad son: 1) Exposición en evento de marca de patrocinador, 2) Visita a una institución educativa, 3) Evento de exposición social, 4) Evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala, y 5) Entrevista a medios de comunicación. Para cada uno de los previamente enumerados tipos de actividad, se realizó un detallado plan de ejecución, diseñando para cada uno un diagrama de operación y un cuadro PERT. Cabe mencionar, que estos planes de ejecución, pueden servir como apoyo de planeación y ejecución para nuevos tipos de actividades. Por último, se establece en forma de índice, el formato de elaboración del informe anual a patrocinadores que se otorga a cada entidad copartícipe después de la competencia Shell Eco-marathon.

En el caso de los procesos administrativos de preparación para la competencia, inscripción del equipo en la misma y obtención del certificado de la prueba técnica en la Shell Eco-marathon, se manifiesta lo siguiente. Como primer punto, se presenta un cronograma donde se especifica las fechas y las obligaciones generales que debe de realizar cada uno de los integrantes del grupo, para llegar a la competencia con un vehículo confiable y competitivo. Así mismo, se expone información pertinente y un diagrama de operaciones relacionado con el proceso de inscripción del equipo en la competencia. Por último, se establece una hoja de registro donde se especifica cada una de las pruebas que los organizadores de la competencia realizan al vehículo en la inspección técnica de la Shell Eco-marathon.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Asegurar la confiabilidad del vehículo ultra eficiente UVGI1-001, impulsado por etanol, para que recorra un circuito de 6 millas a una velocidad mínima de 15 mph mediante el diseño e implementación de mejoras al mismo.

B. Objetivos específicos

- Determinar y modificar las variables que permitan que el motor Honda GXH50 funcione de manera confiable y eficiente con un sistema de inyección, con etanol, permitiendo su arranque en frío.
- Determinar el flujo másico de aire en el distribuidor “manifold” del inyector ECOTRONS en un motor HONDA GXH50, que permita encontrar la eficiencia volumétrica adecuada para el buen funcionamiento del mismo usando etanol como combustible.
- Diseñar los perfiles de puestos de los integrantes del equipo, así como definir los procesos de compra de recursos para el trabajo sobre el vehículo y la logística de su transporte a la competencia Shell Eco-marathon.
- Estudio de mercadeo para propuesta de perfil de entidades copartícipes y plan de comunicación de equipo Taq Balam, para promocionar vehículo ultra eficiente; manual de procedimientos administrativos para registro, cumplimiento de inspecciones técnicas y certificación de consumo de combustible en Shell Eco-marathon.

III. JUSTIFICACIÓN

La Shell Eco-marathon es una perfecta oportunidad para que estudiantes de alrededor de todo el mundo, pongan a prueba su intelecto y capacidad innovadora, para crear nuevas tecnologías en la utilización de combustibles alternativos. En efecto, la presente competencia puede ser la cuna de surgir nuevas tecnologías que cambien la vida del ser humano y pongan un fin al desmesurado daño que el mismo le está ocasionando al planeta Tierra.

El presente megaproyecto, ejerce como oportunidad, para que futuros profesionales guatemaltecos, puedan demostrar sus capacidades intelectuales y ser agentes de cambio en el cuidado al medio ambiente. Puntualmente, a través de Taq Balam, futuros ingenieros Mecánicos, Químicos y en Ciencia de la Administración, pueden manifestar de forma internacional, que en Guatemala existe el suficiente talento, compromiso y dedicación para crear tecnologías de primer nivel y completamente aplicables.

Con el fin de participar en la competencia Shell Eco-marathon 2016 se hicieron modificaciones sobre el vehículo ultraeficiente construido en fases anteriores para lograr que este cumpla todos los requisitos establecidos por la competencia que buscan seguridad y alta eficiencia del prototipo. Se hicieron modificaciones mecánicas y eléctricas para poder tener un vehículo funcional y seguro para la piloto. También se trabajó en el área de combustión con etanol para lograr que el motor presente un buen arranque en frío y una combustión estable en estado ralenti. Esto se dirigió con un proceso administrativo cumpliendo los objetivos del proyecto a tiempo y de manera eficiente.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Shell Eco-marathon

La historia de la Shell Eco-marathon se remonta a 1939. En ese año unos científicos de las instalaciones de Shell en Illinois, Estados Unidos, hicieron una apuesta amistosa para la cual debían manejar sus vehículos la mayor distancia con un galón de combustible. El ganador logró completar aproximadamente 50 millas. Este espíritu de competencia amistosa continuó hasta 1985 cuando Shell lanza la primera edición de la Eco-marathon en Europa. Ahora, 31 años después, la competencia se ha extendido a dos continentes más con las ediciones para América y Asia. A finales de 2016 se inaugurará una nueva edición a celebrarse en Brasil. (Shell 2015)

El concepto de la competencia se basa en diseñar y construir el vehículo más eficiente del mundo, en términos de combustible, y que genere la menor cantidad de emisiones posibles. Los llamados a tomar parte en el evento son escuelas secundarias y universidades. Estos pueden elegir entre dos categorías posibles para competir: prototipo y concepto urbano. La categoría de prototipo reta a los estudiantes a desarrollar un vehículo futurista que maximice la eficiencia del combustible incluyendo diseños innovadores. Por otro lado, en la categoría de concepto urbano se deben desarrollar vehículos que cumplan con las necesidades de los conductores del día a día; pueden llegar a ser similares a los carros de alta eficiencia que se ven en las calles hoy en día (por ejemplo, Smarts). Para ambas categorías el combustible utilizado puede ser diesel, gasolina, etanol, hidrógeno y batería eléctrica. (Shell 2015)

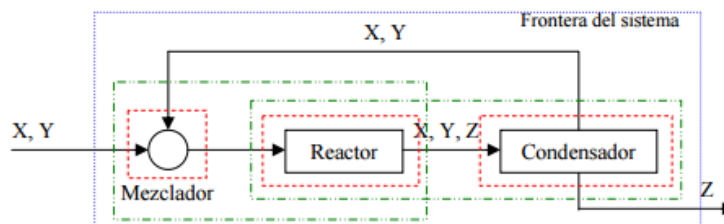
El equipo Taq Balam de la Universidad del Valle de Guatemala tiene la oportunidad de competir en la edición para América en la categoría de prototipo con etanol. La Shell Eco-marathon Americas cumple en 2016 diez años de estarse celebrando. El país en el que se lleva a cabo el evento es Estados Unidos. En sus inicios se celebró en California y luego Texas. En la actualidad Michigan ha sido el estado anfitrión, específicamente en la ciudad de Detroit. Durante cinco días equipos de Canadá, Estados Unidos, México, Brasil, Ecuador, Puerto Rico y Guatemala tienen la oportunidad de presentar sus vehículos. Estos deben pasar una serie de inspecciones técnicas previo a poder salir a competir en pista. Los ganadores de cada categoría son aquellos que hayan logrado recorrer la mayor distancia con la manera cantidad de combustible posible. (Shell 2015)

B. Balance de materia

Un balance de materia es la aplicación de la Ley de conservación de la materia: “La materia no se crea ni se destruye”. En un proceso químico en particular, no es más que el conteo o inventario de cuánto entra, sale y se usa de cada componente químico que interviene en un proceso determinado. Entonces, se podría decir que: “El total de la masa que entra a un proceso o unidad es igual al total de la masa que sale de esa unidad”. Estos se aplican a cualquier sistema al que se le hayan definido sus

fronteras, ya sean físicas, químicas o abstractas. Es una herramienta básica de análisis de los sistemas. (Himmelblau, 2002).

Figura 1: Diagrama de flujo de un proceso químico



(Orozco 1998)

En este caso, se puede hacer un análisis global del sistema, o bien, analizar cada etapa por separado. Entonces, partiendo de que todo sistema o proceso está gobernado por la Ley de conservación de la materia, un balance de materia se escribiría como:

$$\text{Entrada } (E) + \text{Generación } (G) - \text{Salida } (S) - \text{Consumo } (C) = \text{Acumulación } (A)$$

Por entrada se considera toda la materia que ingresa al sistema a través de sus fronteras. Por generación, toda la materia que se produce dentro del sistema (si el proceso es reactivo). La salida corresponde a toda la materia que sale del sistema a través de sus fronteras. El consumo se refiere a la materia que se consume o utiliza dentro del sistema (cuando el proceso es reactivo). La acumulación corresponde a materia que se acumula dentro del sistema. Entonces, si la acumulación es positiva, esto quiere decir que está entrando más materia de la que se consume y sale del sistema. (Himmelblau, 2002).

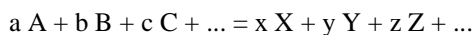
Para procesos reactivos en estado estacionario, la ecuación No. 1 se reduce a:

$$\text{Entrada } (E) + \text{Generación } (G) = \text{Salida } (S) + \text{Consumo } (C)$$

C. Grado de avance de reacción

Dada una reacción química cualquiera, es posible definir un único parámetro ξ , válido para todas las sustancias involucradas en la reacción, y que sirva para expresar cómo va evolucionando la reacción química a lo largo del tiempo. A este parámetro ξ se le denomina grado de avance de reacción. (Fogler, 2001)

Se considera una reacción química cualquiera:



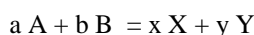
o bien:

$$x X + y Y + z Z + \dots + (-a) A + (-b) B + (-c)C + \dots = 0$$

Lo que podría expresarse de forma más compacta como:

$$\sum_{i=1}^n v_i A_i = 0 \text{ (Ecuación No. 3)}$$

Donde las A_i representan las diferentes sustancias químicas y los v_i representan los coeficientes estequiométricos teniendo en cuenta que son positivos para los productos de la reacción y negativos para los reactivos. Entonces, para una reacción de la forma:



Suponiendo que inicialmente se tienen los siguientes números de moles: $n_A^0, n_B^0, n_X^0, n_Y^0$, en este caso, los moles iniciales de X y Y serían cero al inicio. A partir de este momento, a medida que transcurre la reacción en el tiempo, el número de moles de las sustancias van variando a medida que el sistema reaccionante va evolucionando, entonces, siendo n_A, n_B, n_X, n_Y los moles de las diferentes sustancias en un instante cualquiera del tiempo mientras se desarrolla la reacción, se cumple que:

$$n_A = n_A^0 + v_A \xi$$

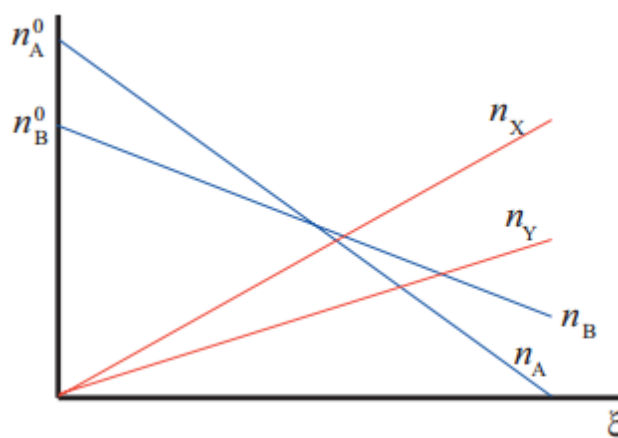
$$n_B = n_B^0 + v_B \xi$$

$$n_X = n_X^0 + v_X \xi$$

$$n_Y = n_Y^0 + v_Y \xi$$

Si el grado de avance es igual a cero, se tendrán las concentraciones iniciales de las sustancias. A medida que la reacción se va desarrollando, el grado de avance cambia de valor, y así, los valores de n_A, n_B, n_X, n_Y van variando a lo largo del tiempo. El grado de avance goza de la propiedad de controlar por sí solo simultáneamente la evolución de los números de moles de todas las sustancias que participan en una reacción química. En una reacción química irreversible, puesto que los reactivos forzosamente sólo se pueden transformar en productos y no al revés, como puede ocurrir en una reacción reversible, el grado de avance ξ , inicialmente nulo, va aumentando a lo largo del tiempo hasta que alguno de los reactivos se agota. (Fogler, 2001).

Figura 2: Evolución de una reacción irreversible



(Fogler, 2007)

D. Balance de energía

Para conocer los requerimientos energéticos de un proceso, es necesario recurrir a balances de energía de manera análoga a como se plantean los balances de materia. La energía, en términos generales, es la capacidad de producir un efecto sobre un cuerpo. En física, se dice que la energía es *la capacidad de producir trabajo*, que puede definirse como la productividad que la energía puede proporcionar al aplicarse sobre un cuerpo por unidad de tiempo. (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

La energía propia de un sistema puede manifestarse como: Energía cinética, energía potencial, energía interna y entalpía. La energía cinética (EK) es la debida al movimiento de traslación de un sistema respecto a un marco de referencia. La energía potencial (EP) es la que se debe a la posición del sistema respecto a un campo de potencia, que puede ser gravitacional o electromagnético). Se puede analizar también como la energía almacenada en un sistema. (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

La energía interna (U) de un sistema corresponde a todas las formas de energía que se deben al movimiento de moléculas respecto al centro de masa del sistema, estado de agregación y fenómenos que ocurren a escala microscópica. Debido a que no hay manera de medir directamente la energía interna de un sistema, se calculan a partir de variables macroscópicas como Presión, Temperatura y Composición. (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

La entalpía (H) o contenido de calor es otra forma de energía que se define como la combinación de dos variables, siendo estas la Presión y el Volumen. Es una función de estado, por lo que permite expresar la cantidad de calor que se genera durante una transformación a presión constante. (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

El principio de todos los balances de energía es la ley de conservación de la energía o Primera Ley de la Termodinámica. Se expresa de la siguiente manera:

$$\dot{Q} + \dot{W} - \Delta(\dot{H} + \dot{E}K + \dot{E}P) = \Delta\dot{E} \text{ Ecuación No. 4}$$

Para el sistema estacionario no hay acumulación de energía por lo tanto se reescribiría como:

$$\dot{Q} + \dot{W} = \Delta(\dot{H} + \dot{E}K + \dot{E}P) \text{ Ecuación No. 5}$$

(Smith, Van Ness, & Abbott, 2007)

E. Combustión

Es una reacción exotérmica creada entre el material combustible y el comburente, activados por una cantidad de energía. El calor obtenido puede utilizarse para producir vapor, que después se utiliza para mover turbinas o bien accionar motores de combustión interna. El combustible puede ser sólido, líquido o gaseoso y la fuente de oxígeno de estas reacciones generalmente es el aire cuya composición se considera 21% O₂ y 79% N₂. (Márquez, 2005). (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

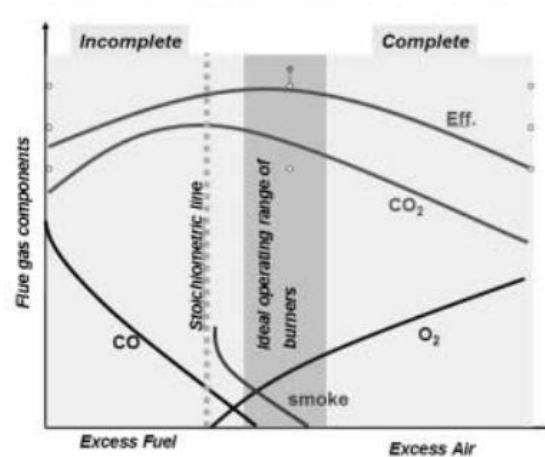
Hay ciertas definiciones importantes de definir como:

- Oxígeno teórico: Cantidad molar necesaria para llevar a cabo la combustión completa del combustible en el reactor, suponiendo que todo el carbono se oxida a CO₂ y todo el hidrógeno se oxida a H₂O, correspondiendo a la ecuación estequiométrica correspondiente.
- Aire teórico: Cantidad de aire que contiene el oxígeno teórico.
- Aire en exceso: Cantidad de aire que se alimenta en el reactor por encima del valor teórico. Suele expresarse en porcentaje.
- Análisis base húmeda: Composición de los gases tomando en cuenta el porcentaje de agua en los mismos.
- Análisis base seca (Orsat): Composición de los gases sin tomar en cuenta el porcentaje de agua en los mismos.

(Márquez, 2005) (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

Una reacción de combustión puede ser completa cuando la totalidad del carbono es oxidado a dióxido de carbono e incompleta cuando cierto porcentaje del carbono se oxida a dióxido de carbono y otro porcentaje a monóxido de carbono. A continuación, se muestra en un diagrama, cómo se comporta la reacción dependiendo de las condiciones previamente mencionadas. Se puede observar que es mejor operar con un exceso de aire, que con un exceso de combustible ya que esto provoca que haya menos oxígeno y mayor generación de monóxido de carbono, asimismo, la eficiencia también disminuye. (Márquez, 2005) (Smith, Van Ness, & Abbott, 2007).

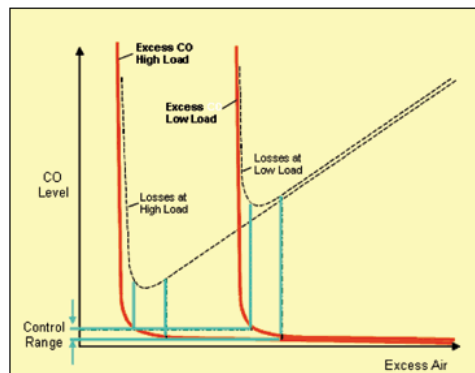
Figura 3: Comportamiento general de una combustión



(Márquez, 2005)

Por ello, no se debe nunca operar un motor con menos del aire requerido estequiométricamente para la combustión ya que reduciría significativamente la energía total liberada en el proceso debido al combustible no quemado, además, se incrementa la cantidad de CO en los gases de combustión. (Márquez, 2005).

Figura 4: Puntos óptimos de control en función de la carga de combustible y nivel CO



(Márquez, 2005)

F. Etanol como combustible

El etanol, o alcohol etílico, es una sustancia con fórmula molecular C_2H_6O , que puede ser utilizada como combustible en motores de combustión interna con ignición a chispa (ciclo Otto) de dos maneras, básicamente: En mezclas de gasolina y etanol anhidro; o como etanol puro, generalmente hidratado. (Bioetanol de caña, 2008).

Figura 5: Cuadro comparativo de propiedades de gasolina y etanol

Parámetro	Unidad	Gasolina	Etanol
Poder calorífico inferior	kJ/kg	43.500	28.225
	kJ/litro	32.180	22.350
Densidade	kg/litro	0,72 – 0,78	0,792
Octanaje RON (<i>Research Octane Number</i>)	–	90 – 100	102 – 130
Octanaje MON (<i>Motor Octane Number</i>)	–	80 – 92	89 – 96
Calor latente de vaporización	kJ/kg	330 – 400	842 – 930
Relación aire/combustible estequiométrica		14,5	9,0
Presión de vapor	kPa	40 – 65	15 – 17
Temperatura de ignición	°C	220	420
Solubilidad en agua	% en volumen	~ 0	100

Fuente: API (1998) y Goldemberg y Macedo (1994).

(Álvarez Flórez, 2005)

Aunque el etanol tiene un poder calorífico menor al de la gasolina, en un 32%, no es correcto comparar estos combustibles solo por el contenido energético, pues existen otros factores que permiten compensar esta diferencia. El elevado índice de octano del etanol permite aumentos importantes del rendimiento térmico y una potencia más elevada. Además, se puede operar con mezclas de aire-etanol muy pobres, ya que los límites teóricos de inflamabilidad se amplían, 0.5-2.9 frente a 0.7-2.5 de la gasolina, consiguiéndose ahorros de combustible de un 2%. (Álvarez Flórez, 2005)

El etanol hidratado puro debe ser usado en motores fabricados o adaptados específicamente para este fin, en particular adoptando índices de compresión más elevados, buscando utilizar adecuadamente el octanaje más alto del etanol frente a la gasolina y obtener ganancias de eficiencia del 10%. En otras palabras, el mayor octanaje del etanol permite que los motores obtengan más energía útil del calor del combustible comparativamente a la gasolina. Otros cambios deben ser efectuados en el sistema de alimentación de combustible y en la ignición, para compensar las diferencias en la relación aire-combustible y otras propiedades. Además, debe haber algunos cambios de materiales en contacto con el combustible, como tratamiento anticorrosivo de las superficies metálicas de los tanques, filtros y bombas de combustible y sustitución de tuberías o adopción de materiales más compatibles con el etanol. Actualmente, tras décadas de perfeccionamiento de motores especialmente fabricados para etanol, la tecnología automotriz ha evolucionado lo suficiente como para permitir que los vehículos a etanol puro hidratado tengan desempeño, maniobrabilidad, condiciones de arranque en frío y durabilidad absolutamente similares a los motores a gasolina, especialmente en países con inviernos moderados. (Bioetanol de caña, 2008)

Como consecuencia de la composición, la combustión de la gasolina con etanol y del etanol puro en motores, en comparación a las gasolinas típicas, produce menores emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos y otros compuestos contaminantes. Al mismo tiempo, se elevan los aldehídos (compuestos del tipo R-CHO) y, dependiendo de las características del motor, los óxidos de nitrógeno (NO_x). Normalmente, los límites legales de emisión para vehículos se cumplen totalmente, y los beneficios resultantes del uso del etanol son un hecho bastante conocido. Es interesante observar que la motivación básica para la adición de etanol en la gasolina de diversas regiones de Estados Unidos, a partir de los años 1990, fue exactamente la mejora de la calidad del aire, asociada a la oxigenación promovida por el etanol. (Bioetanol de caña, 2008)

G. Inyección electrónica

Es un método de inyección de combustible para motores que funcionan con gasolina o diésel. Se basa en un sistema electrónico para la dosificación del carburante, reduciendo emisiones de agentes contaminantes a la atmósfera y optimizando el consumo del mismo. Este sistema ha reemplazado al carburador debido a su mejor capacidad para dosificar el combustible y la mezcla aire/combustible (factor lambda) de tal modo que sea lo más cercano a la relación estequiométrica. Esto garantiza una buena combustión y reducción de emisión de gases tóxicos. (Martí, 1990) (Gilardi, 1978)

Las funciones básicas de la inyección en los motores de gasolina son:

1. Medición del aire que entrará al motor, controlado por el conductor mediante una válvula de mariposa, para adaptar el caudal de combustible.
2. Dosificación de la cantidad de combustible necesaria para una combustión completa.
3. Ajustar el encendido del motor.

(Gilardi, 1978)

1. Inyector. Es la parte que se encarga de introducir el combustible dentro del cilindro. Los parámetros más importantes a tomar en cuenta para el funcionamiento en motores de gasolina son:

- RPM del motor, para sincronizar el funcionamiento de los tiempos con los cilindros.
- Cantidad de aire que entra al motor, para ajustar el combustible proporcionalmente a la mezcla estequiométrica.

(Gilardi, 1978)

Seguidamente hay parámetros secundarios como:

- Posición del acelerador, para que se pueda enriquecer temporalmente la mezcla si la aceleración no es adecuada o bien, para cortar la inyección si no se está acelerando.

- Temperatura, para arranque en frío.
- Composición en los gases de escape.

(Gilardi, 1978)

2. Sensores. Los sensores electrónicos son los encargados de medir y monitorear las variables para el control de la inyección de combustible:

- Sensor MAP
Se utiliza para indicar la carga del motor, provee una lectura indirecta de la masa de aire que está entrando al cilindro. Cuando se tiene una presión alta, esto significa que hay poco vacío por lo que la carga es alta. Estos leen presión absoluta. (Gilardi, 1978).
- Sensor de posición del acelerador
Se utiliza para aproximar la carga del motor al medir el ángulo del acelerador. Además, es muy importante para determinar la compensación de la aceleración o desaceleración cuando el acelerador está abierto o cerrado. El sensor crea una división de voltaje cuando el sensor pasa por una resistencia definida. (Gilardi, 1978).
- Sensor de temperatura
Es un elemento termistor que tiene un cambio no lineal de la resistencia con la temperatura. Este compensa los cambios en la densidad del aire debido a cambios de temperatura y también las condiciones de inicio cuando generalmente se necesita más combustible. (Gilardi, 1978).
- Sensor de posición
Es un sensor de tres cables que crea una salida de onda cuadrada. Su función es detectar en donde se encuentra la manivela del motor de acuerdo a un campo electromagnético que se forma debido a un imán que tiene la manivela. (Gilardi, 1978).
- Sensor lambda
Sensor que mide la relación aire/combustible que está manejando el inyector en cada momento. Su función es indicar si la condición es rica o pobre. (Gilardi, 1978).

3. Actuadores. Son los componentes que, según las variables medidas por los sensores y lo que se requiera para el funcionamiento, hacen que el motor funcione. Los dos tipos de actuadores más importantes son los inyectores de combustible y las bobinas de ignición.

- Inyectores de combustible

Son básicamente válvulas con la capacidad de estar abiertas o cerradas. Necesitan que el flujo de combustible sea constante para que su funcionamiento sea adecuado. Existen dos tipos:

- Saturados: Son utilizados en la mayoría de sistemas de inyección, son fáciles de instalar y de configurar sin embargo tienen una velocidad lenta de respuesta y son capaces de manejar flujos pequeños de combustible.
- P&H: Tienen una velocidad de respuesta rápida y manejan altos flujos de combustible, sin embargo, son caros y muy difíciles de configurar.

(Martí, 1990)

- Bobinas de ignición

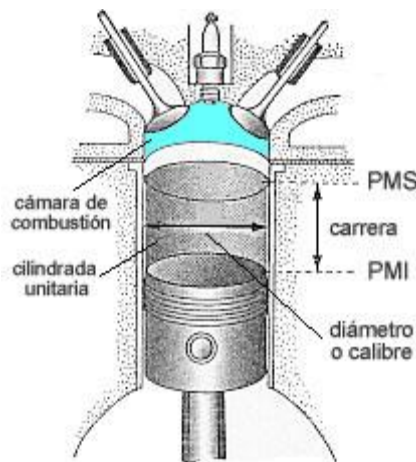
Son transformadores que utilizan la tensión del lado primario y la corriente para inducir grandes tensiones secundarias. Los tipos más importantes son:

- Inductivas (Lentas): Son utilizadas en aplicaciones modernas, usan 12 voltios para cargar la bobina y tienen alta inductancia.
- Inductivas (Rápidas): Son básicamente iguales a las lentas con la diferencia que tienen un sistema automático de ignición y son de 3 o más cables.
- CDI: Usado en motores pequeños, requiere mucho voltaje (generalmente mayor a 150 V).

(Martí, 1990)

4. Tiempo de ignición de un motor. Se denomina tiempo de ignición de un motor de combustión al adelanto o retraso en grados en que se produce la chispa de ignición en cada cilindro respecto al punto muerto superior (PMS). Cuando la chispa de ignición se produce en adelanto al PMS, se denominan grados APMS (Antes del Punto Muerto Superior). En el caso que la chispa de ignición se produzca después del PMS, se denominan grados DPMS (Después del Punto Muerto Superior). Cada motor de automóvil tiene un cierto tiempo de ignición que lo obtiene el constructor/fabricante y tiene por finalidad sacar la máxima potencia posible del motor. Los motores de gasolina, o de ciclo Otto, encienden la mezcla de gasolina y aire a través de la chispa que lanza la bujía. En teoría, el momento ideal para lanzar la chispa es cuando el pistón está arriba del todo, con la mezcla completamente comprimida para lanzarlo con la mayor fuerza posible hacia abajo. Ese punto donde el pistón está lo más arriba posible es el PMS. (Martí, 1990) (Taylor, 1985).

Figura 6: Punto muerto superior e inferior de un cilindro de un motor



(Taylor, 1985)

H. Arranque en frío y fase de calentamiento

En esta fase, el motor necesita más combustible para compensar las pérdidas debidas a las condensaciones en las paredes frías del cilindro y de los tubos de admisión. Para ello, se debe inyectar gasolina adicional durante la fase de arranque. Mientras el motor se va calentando después de haber arrancado en frío, hay que compensar nuevamente la gasolina que se condensa en las paredes frías de los cilindros y de los tubos de admisión. Durante la fase de calentamiento se enriquece la mezcla aire/combustible, pero es preciso reducir progresivamente este enriquecimiento a medida que se calienta el motor para evitar una mezcla demasiado rica. Una reducción de la presión de mando hace disminuir la fuerza antagonista en el medidor del caudal de aire, permitiendo así que el plato suba más en el embudo, y con ello se eleve la válvula de corredera dejando pasar más combustible por las lumbreras. (Martí, 1990)

I. Motor encendido por chispa

Los motores de combustión interna se dividen en motores de encendido o ignición por chispa y motores de compresión, dependiendo del combustible que utilicen. La mayoría de automóviles de hoy en día utiliza motores de encendido por chispa. (Salazar, 1998)

Los motores de ignición por chispa utilizan una mezcla de aire combustible que se comprime a altas presiones. A esta alta presión, la mezcla tiene que estar estequiométricamente balanceada para que sea inerte químicamente y permitirse la ignición. Estequiométricamente balanceada significa que hay una

relación uno a uno entre la mezcla aire y combustible, significando que debe de haber una cantidad equivalente de cada una. Hay varios componentes en el motor de encendido por chispa que afectan el desempeño de esta. El diseño de la cámara, la mezcla y el sistema de inyección son algunos de los aspectos más importantes de los mencionados anteriormente. Cuando se habla del diseño de la cámara de combustión, se hace mención a las siguientes características:

- La distancia recorrida por el frente de la llama debe ser el mínimo posible
- La válvula de escape y la bujía deben estar cercanos
- Debe haber suficiente turbulencia
- El gas final debe ser en una parte fría de la cámara de combustión

(Salazar, 1998)

El proceso por el cual se prepara el aire a la mezcla de combustible y poner en la cámara de combustión es a través de carburadores e inyectores de combustible. La bujía es la parte que produce la chispa de ignición en todos los motores. Con el fin de iniciar este tipo de motores, una chispa tiene que encender una mezcla en una flama. La forma en que esta chispa se inicia primero es a través de una batería del automóvil por medio de un circuito que conduce directamente a la bujía. La batería suministra la corriente eléctrica para iniciar una chispa en la bujía. La chispa enciende después la mezcla de aire y combustible. La mezcla de aire y combustible se analiza, ya sea como una mezcla pobre o rica en función del contenido de combustible. Una mezcla pobre sería deficiente en el combustible, y una rica estaría saturada de combustible. Para alcanzar una condición económica y, además, alcanzar la potencia máxima del motor, se tendría que utilizar una mezcla pobre y una rica cuando el motor está a su aceleración máxima. Cuando el acelerador está totalmente abierto y se utiliza una mezcla pobre la potencia de salida es económica debido a que el combustible es débil. Cuando se abre el acelerador, la cámara de combustión necesita el aire para la mezcla de combustible. (Salazar, 1998)

Debido a que el flujo de aire se genera, entonces se necesita compensar con un flujo de combustible para compensar. Con el fin de obtener la máxima potencia, se necesita una mezcla rica. Para una buena economía de combustible todo el combustible debe ser quemado y el "área en la que se extingue debe reducirse al mínimo la llama." (Salazar, 1998)

1. Admisión. Es la primera etapa del ciclo, en el cual la válvula de admisión se abre y el pistón baja desde el punto muerto superior hasta el punto muerto inferior, permitiendo el ingreso de la mezcla de aire y combustible. (Chew, 2011)

2. Compresión. Esta es la etapa en que la válvula de admisión se cierra y el pistón sube desde el punto muerto inferior hasta el superior, logrando de esta forma comprimir la mezcla de aire y combustible. (Chew, 2011)

3. Expansión. Esta es la etapa en donde sucede la ignición por medio de la chispa de la mezcla de aire y combustible. La expansión es el resultado del calor liberado por la combustión, haciendo que el pistón baje hasta el punto muerto inferior. (Chew, 2011)

4. Escape. La última etapa del ciclo es cuando el pistón regresa al punto muerto superior, expulsando los gases de combustión a través de la válvula de escape. Luego de esta etapa, se vuelve a reiniciar el ciclo, empezando nuevamente por la etapa de admisión. (Chew, 2011)

J. Eficiencia volumétrica en equipos de combustión interna

La eficiencia volumétrica es probablemente la característica más importante de un motor. Esta determina la eficiencia del motor en succionar aire al cilindro y por lo tanto, cuánto torque va a generar, dependiendo del avance de la chispa y la relación aire combustible. Este es el parámetro fundamental para la calibración de un motor. (ECOTRONS, 2011)

Por definición, la eficiencia volumétrica es la masa de aire fresco dentro de la cámara de combustión dividida entre la masa total de aire dentro. Básicamente, siempre hay gas residual atrapado dentro de la cámara al final de cada de la liberación de gases. La masa total de aire en el cilindro es la suma de aire fresco succionada y el gas de escape residual. Para saber exactamente cuánto combustible se necesita inyectar para la mezcla de aire en la cámara de combustión, se tiene que saber cuánta masa de aire fresco está dentro y no cuál es la masa total de aire; por lo mismo, se tiene que conocer la eficiencia volumétrica. (ECOTRONS, 2011)

Con la ayuda de un sensor MAP, se puede medir la presión de entrada en el manifold, la cual se puede utilizar como la presión dentro de la cámara de combustión, y junto con la temperatura de entrada, y el desplazamiento del motor, se puede calcular la masa de aire en la cámara de combustión. Esto es lo que se conoce por el método de “Densidad Rápida”. Siguiendo la ley de los gases ideales:

$$m = \frac{PV}{RT}$$

(Ecuación No. 6)

m -masa de aire

P-presión

V-volumen o desplazamiento del motor

R-constante de los gases

T-temperatura del aire

(ECOTRONS, 2011)

Al saber la presión de aire en el manifold, la temperatura de entrada, y la eficiencia volumétrica, se puede calcular la masa del aire fresco que entra al cilindro y por consiguiente, la cantidad de combustible que se necesita ser inyectada. La eficiencia volumétrica no se puede medir con sensores. Se tiene que sintonizar el motor y calibrar un punto operativo a tiempo. (ECOTRONS, 2011)

El punto principal es que se puede calibrar por medio de un dinamómetro, siendo esta una de las formas más exactas de hacerlo, pero ya que no se cuenta con el equipo para hacerlo, entonces se debe sintonizar la eficiencia volumétrica por un método indirecto. (ECOTRONS, 2011)

K. Estado Ralentí

El motor de combustión interna de cuatro tiempos con chispa tiene como principio de funcionamiento el Ciclo de Otto. Su funcionamiento es simple cuando se ve a una escala lo suficientemente básica. Una mezcla de aire y combustible es ingresada en el primer tiempo que es la admisión, comprimida en el segundo tiempo, combustionada en el tercero y liberada en el cuarto, preparándose para poder repetir el ciclo. Este funcionamiento se basa en principios y procesos físicos y químicos que a su vez tienen una complejidad propia. Para poder realizar un modelaje de este tipo de motores, se deben de comprender varias cosas, las cuales se mencionan en los siguientes párrafos. (Zeleznik & McBride, 1985)

El sistema es abierto y opera a temperaturas y presiones altas, que retiene la memoria del ciclo anterior. Se le llama memoria ya que, en el cuarto tiempo, perteneciente a la liberación, no se da una evacuación completa al final. Esto provee las condiciones iniciales del siguiente ciclo. La operación tiene un rango de repetición de 25 a 250 milisegundos. Química compleja está tomando lugar, ya que se da una combustión de hidrocarburos. El sistema tiene límites móviles y geometría compleja por lo que hacen más complicado la mecánica de fluidos y la transferencia de calor. La operación del motor no es repetitiva ya que existen variaciones de ciclo a ciclo. (Zeleznik & McBride, 1985)

Como resultado de los cinco incisos mencionados anteriormente, se tienen gradientes temporales y espaciales durante un ciclo y relativamente grandes fluctuaciones de un ciclo al siguiente. Esta situación es contraria a la experimentación poco sofisticado y simple cálculo. Se requiere el uso ingenioso de nuevas técnicas experimentales y computacionales modernas para lograr aún una comprensión sobre el modelado de los procesos físicos de un sistema tan complejo sistema. (Zeleznik & McBride, 1985)

Para poder analizar la entrada y salida del flujo de aire en un motor, se debe de comprender el alcance de la compresión obtenida experimentalmente de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en un motor de combustión interna. Las porciones de entrada y salida de un ciclo generan flujos de alta turbulencia dentro

del cilindro y el proceso de combustión se ve influenciada por el nivel de la turbulencia. (Zeleznik & McBride, 1985)

La ignición de la mezcla de combustible produce un frente de flama de propagación y tiene una forma desviadamente de la esfericidad, por lo que las reacciones químicas prosiguen luego de que el frente de llama ocurre. También hay evidencia de la existencia de reacciones químicas antes de la flama en la mezcla combustible. Los gradientes de temperatura y los gradientes de composición se producen a lo largo del cilindro y no sólo cerca de las paredes. Más de 200 compuestos orgánicos se han identificado en los gases de escape por cromatografía de gases. Finalmente, la concentración de óxido nítrico en los gases de escape parece depender de su velocidad de formación, así como su velocidad de descomposición en el motor.

La capacidad para llevar a cabo mediciones de resolución espacial está limitada por la presencia de válvulas móviles y los pistones, que limitan drásticamente el posicionamiento de las sondas dentro de un motor. Además, el ambiente hostil coloca severas limitaciones en los tipos de sondas que se pueden utilizar. (Zeleznik & McBride, 1985)

Los intentos serios para construir modelos de motor de combustión interna comenzaron cerca de 1960. Fue en este momento que los ordenadores digitales se hicieron cada vez más disponibles y más capaz. Antes de ese momento los cálculos se realizaron en gran parte a mano o se realizaron con la ayuda de calculadoras mecánicas. Esto limita severamente los tipos de cálculos que podrían intentarse. Desde entonces, los modelos numéricos se han incrementado en número y complejidad. (Zeleznik & McBride, 1985)

Los modelos se clasifican por la elección de ecuaciones y el tratamiento de la química, la combustión, transferencia de calor, inducción de fluido, fluido de escape, y la sincronización de válvulas. Esta clasificación sólo es más que definitivo pues a menudo hay una gran variabilidad en el tratamiento de un aspecto particular entre los modelos. Así, dos modelos podrían considerar tanto la cinética química, uno con un mecanismo relativamente detallada, el otro con una drástica truncada uno, sin embargo, ambos pueden ser considerados como el tratamiento de la química de vista cinético. También difieren en un grado mayor o menor medida en las respuestas que suministro. Debido a esta estructura fina no tendría sentido intentar una comparación más detallada de estos modelos, pero una observación general está en orden. La mayoría de estos modelos dan poca importancia a las propiedades químicas y físicas del fluido de trabajo. (Zeleznik & McBride, 1985)

Las acciones del motor de combustión interna con otros sistemas físicos tecnológicamente importantes de las características de los gradientes espaciales y temporales y muchas especies que transforman químicamente. Tales sistemas que reaccionan se producen no sólo en el motor de combustión interna, sino también en otra basada en la combustión grupos motores de vehículos, en los reactores para la industria química, en hornos industriales, en plantas de energía, y en el contexto de los problemas ambientales y atmosféricas. La solución analítica del gran sistema de ecuaciones diferenciales parciales que caracterizan dichos sistemas físicos es imposible; la solución numérica es poco práctico. (Zeleznik & McBride, 1985)

Los sistemas de diferencial ordinaria ecuaciones caen en una de dos categorías. Un tipo se describe el comportamiento transitorio de un no fluye sistema físico. El otro caracteriza el comportamiento en estado estacionario de un sistema de flujo. Estas ecuaciones se obtienen convencionalmente a partir de las ecuaciones diferenciales parciales correspondientes por la imposición de supuestos simplificados de los fenómenos de transporte. (Zeleznik & McBride, 1985)

Las ecuaciones de comportamiento transitorio son el resultado de la suposición de uniformidad espacial. Las ecuaciones de estado estacionario se obtienen suponiendo que los derivados temporales desaparecen y que los derivados espaciales desaparecen en dos de tres direcciones de coordenadas. Pero está claro que los sistemas físicos a analizar, por lo general no cumplen estos criterios. Se obtienen sistemas apropiados de ecuaciones para cada una de las dos categorías, sin ninguna hipótesis sobre las relaciones constitutivas, la disipación, o derivados, pero será necesario reinterpretar las variables dependientes. Este procedimiento amplía significativamente el número de sistemas físicos que pueden ser justificadamente modelado con ecuaciones diferenciales ordinarias. La derivación no se dirige específicamente hacia un motor de combustión interna, pero se hará más general porque las ecuaciones resultantes son igualmente aplicables a otros sistemas. Es sólo la elección de funciones de modelado que hace que las ecuaciones específicas para un sistema físico particular. (Zeleznik & McBride, 1985)

El estado de un fluido se caracteriza por dos variables termodinámicas, por ejemplo, la densidad de masa y la energía interna por unidad de masa, y por las variables de composición por unidad de masa. Esto supone que los efectos electromagnéticos son insignificantes. (Zeleznik & McBride, 1985)

Por lo general, el término "estado estacionario" significa la ausencia de derivados temporales e implica la presencia de derivados espaciales por sí solos. Sin embargo, a veces las ecuaciones de estado estacionario unidimensionales ordinarias se escriben con el tiempo como la variable independiente. Esto se logra mediante un simple cambio de variable, con una velocidad. Se pueden derivar generalizaciones de las ecuaciones diferenciales ordinarias para estado estacionario de sistemas que fluyen. (Zeleznik & McBride, 1985)

L. Simulink

Simulink® es un ambiente de diagramas de bloque para simulaciones multidominio y diseños basados en modelos. Este es un editor gráfico, con librerías de bloques editables y programas de resolución para modelación y simulación de sistemas dinámicos. Está integrado en Matlab®, habilitando la incorporación de algoritmos en los modelos y exportar resultados para análisis posterior. (Mathworks, 2016)

Es utilizado por la rama de ingeniería para crear software de pruebas piloto y reducir emisiones debido al combustible, ya que se puede lograr por medio del desarrollo de un concepto a través de un código. (Mathworks, 2016)

Para lograr la construcción del modelo, se utilizan bloques predeterminados que se pueden combinar para crear un sistema de diagramas de bloques. La herramienta de modelos jerárquico, manejo de datos y diseñar subsistemas que permitan la representación de sistemas complejos concisos y exactos. Incorpora componentes especializados en el área aeroespacial, comunicación, controles de PID, controles lógicos, procesamiento de señales, procesamiento de video e imagen y otras aplicaciones. Componentes se utilizan para modelar sistemas físicos en mecánica, eléctrica e hidráulica. (Mathworks, 2016)

Con Simulink se llega a entablar un sistema a partir de las siguientes etapas:

- Construir el modelo
- Simular el modelo
- Analizar los resultados de la simulación

(Mathworks, 2016)

1. Modelación del tiempo de un motor utilizando subsistemas desencadenados. El modelo básico utiliza las capacidades mejoradas de Simulink para capturar eventos basados en el tiempo con una alta fidelidad. Dentro de esta simulación, unos modelos de subsistemas desencadenados modelan la transferencia de la mezcla de aire-combustible del manifold de los cilindros a través del trabajo de la válvula de admisión. Esto se lleva a cabo simultáneamente con los procesos de flujo de admisión, la generación de torque y la aceleración. Un segundo modelo añade un subsistema desencadenado adicional que proporciona un control de velocidad del motor de circuito cerrado a través de un actuador del acelerador. Estos modelos se pueden utilizar como simulaciones de motor independientes. Este también, pueden ser utilizados dentro de un modelo de sistema más grande, tal como una simulación del vehículo y del sistema de propulsión integrado, en el desarrollo de un sistema de control de tracción. (Weeks & Moskwa, 2016)

Este modelo se basa en los resultados publicados por Crossley y Cook (1991). El trabajo de Crossley y Cook también muestra cómo se validó una simulación basada en este modelo con los datos de prueba del dinamómetro. En las secciones siguientes se detallan los elementos clave del modelo de motor que fueron identificados por Crossley y Cook:

- Acelerador
- Manifold de Adición
- Índice de flujo masivo
- Etapa de compresión
- La generación de torque y la aceleración

(Weeks & Moskwa, 2016)

2. Acelerador. El primer elemento del modelo es el cuerpo del acelerador. La entrada de control es el ángulo de la placa del acelerador. La velocidad a la que el modelo introduce aire en el manifold de admisión se puede expresar como el producto de dos funciones:

- Una función empírica del ángulo de la placa del acelerador solamente
- Una función de las presiones atmosféricas y el manifold

(Weeks & Moskwa, 2016)

En los casos de baja presión del manifold (el vacío siendo mayor), la velocidad de flujo a través del cuerpo del acelerador es sónico y es sólo una función del ángulo del acelerador. Este modelo representa para este comportamiento de baja presión con un estado de conexión en las ecuaciones de compresibilidad muestra en las Ecuaciones 2-6.

$$f(\theta) = 2.821 - 0.05231 \cdot \theta + 0.10299 \cdot \theta^2 - 0.00063 \cdot \theta^3$$

(Ecuación No. 7)

$$g(P_m) = 1; \text{ si } P_m \leq P_{amb}/2$$

(Ecuación No. 8)

$$g(P_m) = \frac{2}{P_{amb}} \sqrt{P_m P_{amb} - P_m^2}; \text{ si } P_{amb}/2 \leq P_m \leq P_{amb}$$

(Ecuación No. 9)

$$g(P_m) = -\frac{2}{P_{amb}} \sqrt{P_m P_{amb} - P_m^2}; \text{ si } P_{amb} \leq P_m \leq P_{amb}/2$$

(Ecuación No. 10)

$$\dot{m}_{ai} = f(\theta) \cdot g(P_m)$$

(Ecuación No. 11)

Donde:

\dot{m}_{ai} = flujo de aire que entra al manifold (g/s)

θ = ángulo de aceleración (grados)

P_m = Presión del manifold (bar)

P_{amb} = Presión ambiente (atmosférica) (bar)

(Weeks & Moskwa, 2016)

3. Distribuidor “Manifold” de admisión. La simulación del manifold de admisión simula como una ecuación diferencial para la presión del manifold. La diferencia en las velocidades del flujo de masa de entrada y salida representa la tasa neta de cambio de masa de aire con respecto al tiempo. Esta cantidad, de acuerdo con la ley de gases ideales, es proporcional a la derivada temporal de la presión del colector (véase la Ecuación 12).

$$\dot{P}_m = \frac{RT}{V_m} (\dot{m}_{ai} - \dot{m}_{ao})$$

(Ecuación No. 12)

Donde:

R = Constante de los gases ideales

T = Temperatura (g/s)

V_m = Volumen en el manifold (m^3)

\dot{m}_{ao} = Flujo de masa de aire fuera del manifold

\dot{P}_m = Presión del manifold (bar/s)

(Weeks & Moskwa, 2016)

4. Flujo másico de aire. El flujo de masa de aire que bombea el modelo en los cilindros desde el manifold se describe en la ecuación 13 por una ecuación derivada empíricamente. Este flujo de masa es una función de la presión del manifold y la velocidad del motor. (Weeks & Moskwa, 2016)

$$\dot{m}_{ao} = -0.366 + 0.08979 \cdot N \cdot \dot{P}_m - 0.0337 \cdot N \cdot \dot{P}_m^2 + 0.0001 \cdot N^2 \cdot \dot{P}_m$$

(Ecuación No. 13)

Donde:

N = Velocidad angular del motor (rad/s)

P_m = Presión del manifold (bar)

(Weeks & Moskwa, 2016)

Para determinar la carga total de aire bombeado dentro del cilindro, la simulación integra el flujo de masa del manifold de admisión y las muestras al final de cada etapa de admisión. Esto determina la masa total de aire que está presente en cada cilindro después de la etapa de admisión y antes de la compresión. (Weeks & Moskwa, 2016)

5. Etapa de compresión. En un motor 180 grados representan la revolución del cigüeñal. Esto se traduce en cada encendido del cilindro en cada dos revoluciones del cigüeñal. Este modelo, la admisión, compresión, combustión, y etapa de escape se producen al mismo tiempo. Para tener en cuenta la compresión, la combustión de cada carga de admisión se retrasa por 180 grados de rotación del cigüeñal desde el final de la etapa de admisión. (Weeks & Moskwa, 2016)

6. Generación de torque y aceleración. El elemento final de la simulación describe el desarrollado de torque por parte del motor. Una relación empírica que depende de la masa de la carga de aire, la relación de mezcla aire/combustible, el avance de la chispa, y la velocidad del motor se utiliza para el cálculo de torque (véase la ecuación 14). (Weeks & Moskwa, 2016)

$$Torque_{eng} = -181.3 + 379.36 \cdot m_a + 21.91 \cdot \left(\frac{A}{F}\right) - 0.85 \cdot \left(\frac{A}{F}\right)^2 + 0.26 \cdot \sigma - 0.0028 \cdot \sigma^2 + 0.027 \cdot N - 0.000107 \cdot N^2 + 0.00048 \cdot N \cdot \sigma + 2.55 \cdot \sigma \cdot m_a - 0.05 \cdot \sigma^2 \cdot m_a$$

(Ecuación No. 14)

Donde:

m_a = masa de aire en el cilindro de combustión (g)

$\left(\frac{A}{F}\right)$ = Relación aire combustible

σ = Avance de Chispa (grados antes del punto superior – inferior - muerto)

$Torque_{eng}$ = Torque producido por el motor (Nm)

(Weeks & Moskwa, 2016)

Se calcula la aceleración angular del motor utilizando la Ecuación 15:

$$J\dot{N} = Torque_{eng} - Torque_{load}$$

(Ecuación No. 15)

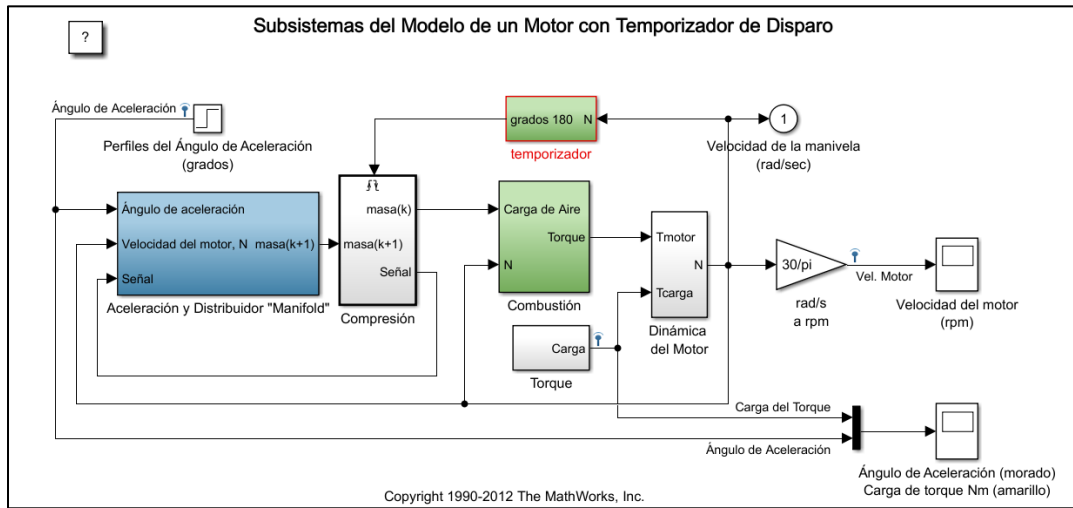
Donde:

J = Momento de inercia rotacional del motor

\dot{N} = Aceleración angular del motor (rad/s²)

(Zelevnik & McBride, 1985)

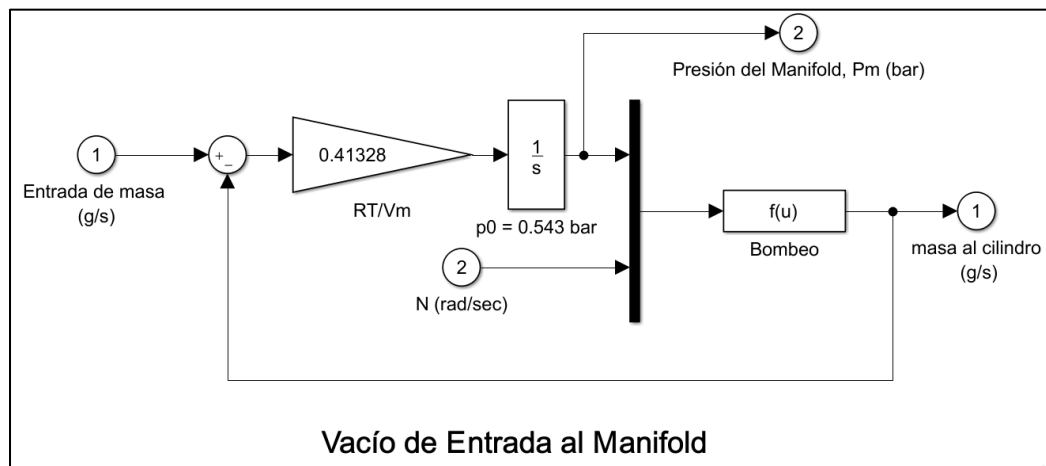
Figura 7: Plataforma principal del modelo en Simulink



(Zelevnik & McBride, 1985)

7. Apertura y funcionamiento de la simulación.

Figura 8: El “acelerador” y subsistemas del distribuidor de admisión



(Zelevnik & McBride, 1985)

Los modelos de Simulink para el acelerador y subsistemas del múltiple de admisión se muestran en la Figura 3. La válvula de mariposa se comporta de manera no lineal y se modela como un subsistema de tres entradas. Simulink implementa las ecuaciones individuales, dadas en la Ecuación 7, como bloques de función. Estos proporcionan una manera conveniente de describir una ecuación no lineal de varias variables. Un bloque "interruptor" determina si el flujo es sónico mediante la comparación de la relación de presión a su umbral de conexión, que está fijado en un medio (Ecuación 11). En el régimen sónico, la velocidad de flujo es una función de sólo la posición del acelerador. La dirección del flujo es de la más alta presión a la

baja, según lo determinado por el bloque de sesión. El bloque 'Min' asegura que el índice de presión es siempre la unidad o menos. (Zeleznik & McBride, 1985)

La ecuación diferencial de la Ecuación 11 modelos de la presión del colector de admisión. Un bloque de función Simulink calcula la tasa de flujo de masa en el cilindro, en función de la presión del colector y la velocidad del motor (ver la ecuación 11). (Zeleznik & McBride, 1985)

8. Admisión y compresión. Un integrador acumula el flujo de masa de aire en el cilindro por medio del bloque de admisión. Los bloques de válvulas de sincronización emiten pulsos que corresponden con las posiciones rotacionales específicas con el fin de gestionar el tiempo de la admisión y compresión. Los eventos de válvulas ocurren cada rotación, o cada 180 grados de rotación del cigüeñal. Cada evento desencadena una sola ejecución del subsistema de la compresión. La salida del bloque de disparo dentro del subsistema de compresión luego, se alimenta de nuevo para restablecer el integrador de admisión. De esta manera, aunque los dos disparadores conceptualmente se producen en el mismo instante en el tiempo, la salida del integrador es procesada por el bloque de la "compresión" inmediatamente antes de ser puesta a cero. Funcionalmente, el subsistema de "compresión" utiliza un bloque de retraso para insertar 180 ° (un período de evento) de retraso entre la entrada y la combustión de cada carga de aire. (Zeleznik & McBride, 1985)

En un ciclo completo de cuatro tiempos de un solo cilindro. Durante la etapa de admisión, el bloque "admisión" integra el caudal másico del colector. Después de 180 grados de rotación del cigüeñal, se cierra la válvula de admisión y el bloque de "retraso" del subsistema de la "compresión" utiliza el estado del integrador. Este valor, la carga de masa acumulada, está disponible en la salida del subsistema de la "compresión" de 180 grados más tarde para su uso en la combustión. Durante la etapa de combustión, la manivela se acelera debido al torque generado. Los últimos 180 grados, el tiempo de escape, termina con una reposición del integrador de admisión, preparado para el siguiente ciclo completo de 720 grados de este cilindro particular. (Zeleznik & McBride, 1985)

9. Combustión. El motor de torque es una función de cuatro variables. El modelo utiliza un bloque de combinación para combinar estas variables en un vector que proporciona la entrada al bloque generación de torque. Un bloque de función calcula el torque del motor (que se describe empíricamente en la Ecuación 13). El motor de torque, calculado mediante funciones escalonadas en el bloque del momento de arrastre, se resta en el subsistema dinámica del motor. La diferencia dividida por la inercia produce la aceleración, que se integra para llegar a la velocidad del cigüeñal del motor. (Zeleznik & McBride, 1985)

M. Ecotrons

Ecotrons es una compañía en la industria automotriz de electrónicos para Autos y Controles de motores que manufactura sistemas de inyectores de combustibles. Esta se especializa en sistemas de gestión de motores (EMS) para los pequeños fabricantes a bajo costo. Brindan información sobre tecnología para pequeños fabricantes a una fracción del costo en el mercado actual. (ECOTRONS, 2011)

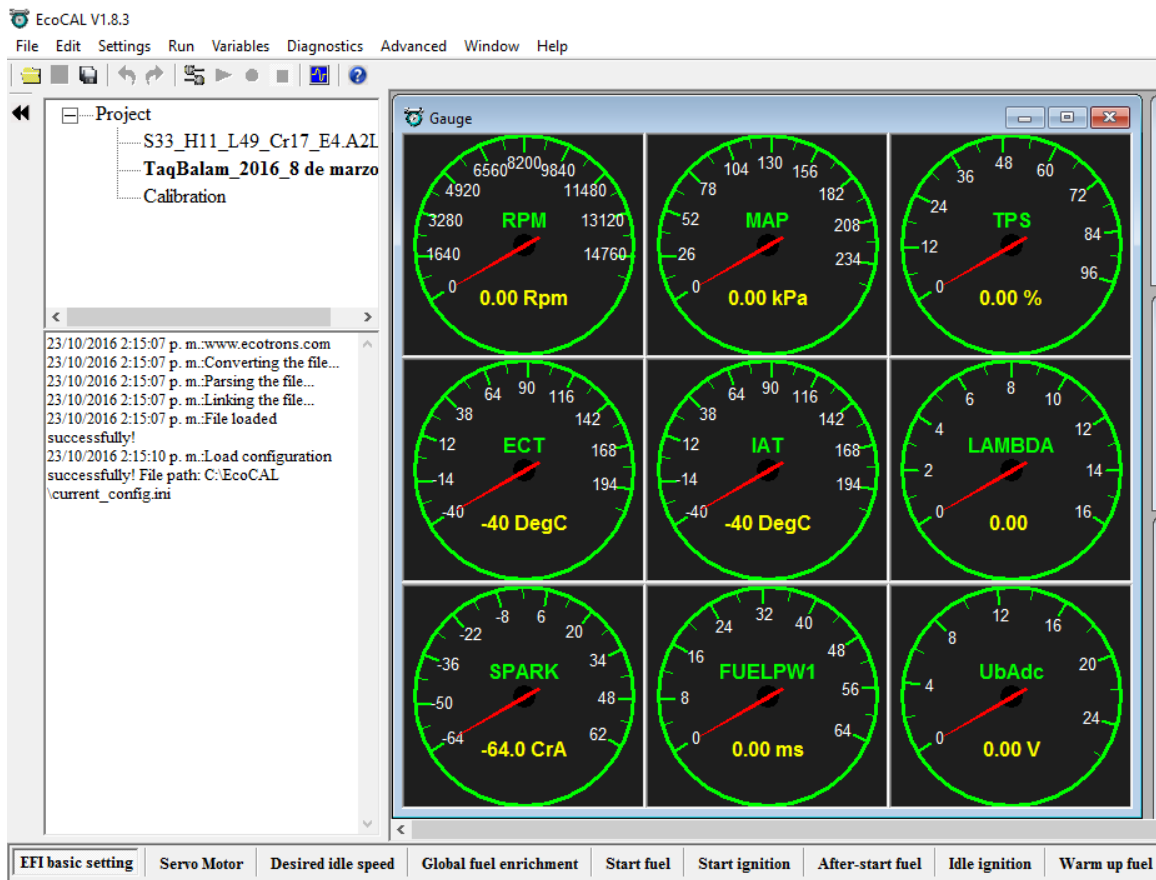
Su mercado consiste principalmente en tres áreas, las cuales incluyen las siguientes:

- Sistema de gestión del motor para los motores
- Sistema completo de EFI (Inyección electrónica de combustible) para los pequeños fabricantes de motores
- Los kits completos de conversión de EFI para el mercado de accesorios

(ECOTRONS, 2011)

1. EcoCAL. Es el software de calibración de Ecotrons para un sistema de inyección de combustible. Este se utiliza principalmente para calibrar todos los parámetros del motor, los cuales incluyen la calibración de la unidad de control de motor, combustible de arranque, ángulo de ignición, combustible de calentamiento, entre otras. (ECOTRONS, 2011)

Figura 9: Pantalla de inicio en el programa de EcoCAL.



(ECOTRONS, 2011)

N. Recursos Humanos

1. Descriptores y perfiles de puestos. El puesto es descrito por Idalberto Chiavenato en su libro *Administración Recursos Humanos* como “una unidad de la organización que consiste en un grupo de obligaciones y responsabilidades que lo separan y distinguen de los demás. Estas obligaciones y responsabilidades pertenecen al empleado que desempeña el puesto y proporcionan los medios con los cuales los empleados contribuyen al logro de los objetivos de una organización.” De esta definición se puede entender que los puestos son parte fundamental en una organización de cualquier tipo y deben de ser desarrollados y descritos de manera adecuada. La descripción de puestos enseña la relación existente entre responsabilidades, obligaciones y tareas del puesto y las especificaciones muestran los requisitos para el ocupante. (Chiavenato 2011)

La descripción de un puesto se da para conocer el contenido del mismo. Describirlo es un proceso que se compone de indicar las responsabilidades que lo conforman y diferencian de los demás puestos en la organización. De manera detallada se puede decir que la descripción de un puesto menciona las tareas o atribuciones del puesto, los métodos para poder cumplir esas tareas, la periodicidad de su realización y los objetivos. En general es una enumeración de los aspectos más significativos del puesto y las responsabilidades y obligaciones que conlleva. La descripción de puestos se encarga de los aspectos intrínsecos. (Chiavenato 2011)

A esto le sigue en análisis de puestos o perfil de puestos. En este lo que se analizan son los requisitos que se imponen al ocupante del puesto; los aspectos extrínsecos. Se da una revisión comparativa de las exigencias que tienen las tareas o responsabilidades. En otras palabras, indica cuáles son los requisitos físicos e intelectuales que debe de tener un ocupante para poder desenvolverse de manera adecuada en el puesto. Lo más usual es que el perfil de puestos mencione cuatro niveles de requisitos a cumplir: físicos, intelectuales, condiciones de trabajo y responsabilidades que se adquieren. (Chiavenato 2011)

2. Organigrama. La estructura organizacional de una empresa, es decir la estructura formal, es la manera en la que los cargos y órganos están distribuidos en los diversos departamentos y niveles de la empresa. Esta estructura es compleja y puede ser graficada por medio del organigrama. La palabra viene del prefijo “organi”, que significa organización y grama que implica gráfica; gráfico de organización. Este gráfico es la representación de la división especializada del trabajo y la estructura de autoridad de una organización por medio de niveles jerárquicos. (Hernández 2007)

El organigrama está compuesto por una serie de rectángulos que son representantes de los cargos u organismos. Estos se unen entre sí por medio de líneas que indican la relación de comunicación entre estos y

la autoridad existente dentro de la institución. Cada cargo representa el conjunto de tareas y responsabilidades de un empleado que tiene una posición determinada en el órgano. (Hernández 2007)

O. Administración, operaciones y procesos

1. Procesos. La norma ISO 9000 describe a un proceso como el “conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados”. De manera más sencilla se puede decir que un proceso es la secuencia ordenada de actividades repetitivas y que su resultado o producto tiene, para el usuario o cliente, un valor intrínseco. El hombre diseña estos mecanismos de comportamiento para poder mejorar la productividad de algo, eliminar un problema o también establecer orden. Siempre se trabaja hacia un resultado específico. (Pérez 2010)

Los procesos se componen de tres elementos. El primero la entrada principal o input. Este es un “producto” que puede ser la salida de otro proceso. La existencia del mismo es a que justifica una ejecución sistemática del proceso. El elemento dos es una secuencia de actividades. Las actividades necesitan de recursos y medios para ser ejecutadas y agregar valor al input. Finalmente se tiene una salida u output el cual es un producto que cumple con la calidad exigida por el proceso. Este va destinado a un cliente o usuario para el cual tiene un valor intrínseco que puede ser evaluable o medible. (Pérez 2010)

2. Diagrama de operaciones y procesos. El diagrama de operaciones y procesos o diagrama de flujo del proceso fue creado para cumplir una de las necesidades principales de la ingeniería de procesos: poder definir y/o diagnosticar los procesos. Este es un esquema gráfico en el cual se describe un proceso y la secuencia general de las operaciones que acontecen para poder llegar a crear un producto. Permite el tener una visión general del transcurrir de un proceso. (Suñé 2004)

Las operaciones que se pueden dar a lo largo del proceso son agrupadas en seis categorías y cada una de ellas tiene un símbolo característico. Una flecha representa a aquella operación que implique transporte de un lugar a otro. Un triángulo invertido es señal de que el producto se encuentra almacenado en un lugar fijo durante un período de tiempo que usualmente es largo. Ahora bien, una D mayúscula indica que se está ante una espera antes de iniciar otra operación. Esta espera suele también considerarse como un retraso. Un cuadrado muestra que el producto está sufriendo de una inspección de cualquier índole. El quinto símbolo es un círculo es representativo de una operación que añade valor y el sexto es un diamante que representa la toma de una decisión. A todo esto, también se debe de mencionar que existe la posibilidad de combinar símbolos si se están dando operaciones de manera simultánea. (Suñé 2004)

Como complemento a esta información es importante mencionar que este diagrama es particularmente útil para reconocer costos ocultos no productivos. También se pueden registrar retrasos que pueden ser evitados. Con este conocimiento un analista puede trabajar para minimizar el tiempo y dinero

desperdiciado. Por otro lado, cabe mencionar que el diagrama de flujo del proceso debe ser acompañado por la siguiente información. Número de diagrama, descripción del proceso, si es el método actual o propuesto, fecha de realización y nombre de la persona que lo elaboró. De igual manera, se debe agregar un cuadro de resumen en el cual se indiquen la cantidad de veces que se presenta cada categoría de operación y de ser posible el tiempo total que ocupan las mismas. (Niebel 2009)

3. Administración. “*La administración se define como el proceso de estructurar y utilizar conjuntos de recursos orientados hacia el logro de metas, para llevar a cabo las tareas en un entorno organizacional*”. De esa manera la define el señor Michael A. Hitt en su libro *Administración*. No obstante, referida definición es posible de dividir en cuatro diferentes partes. Como bien lo puntualiza aludido autor, la administración es un proceso, el cual vela de planear, decidir y evaluar. Como segundo punto, en la administración se ve implicado la estructuración y utilización de recursos de la manera más eficiente posible. Entiéndase bajo esos recursos, tanto recursos humanos, recursos económicos, materiales y recursos de información. Así mismo, la administración une la planificación y ejecución de las actividades necesarias para llegar al objetivo establecido. Por último, la administración en la mayoría de las veces se lleva a cabo en una organización, lo cual implica la interacción constante de numerosas personas con funciones diferentes y coordinadas para lograr objetivos comunes. (Hitt, 2006)

4. FODA. Como es descrito en el libro *Administración y Política de Negocios*, escrito por Thomas L. Wheelen y J. David Hunger; una ventajosa herramienta para la planeación estratégica tomando en cuenta la situación actual de una entidad es el análisis FODA. Aludida herramienta ayuda a encontrar en una situación determinada, la correlación estratégica entre las oportunidades externas y las fortalezas internas. Esto último tomando siempre en cuenta las amenazas externas y debilidades internas. De esta manera, se explica el nombre del instrumento el cual utiliza las siglas de las palabras Fortaleza, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Empleando de manera correcta el análisis FODA, la empresa no solo se puede beneficiar de destacar sus competencias y habilidades inherentes y singulares, sino que también a reconocer nuevas oportunidades que no están ejerciendo como productivas para la misma. En resumen, el presente instrumento permite situar la posición competitiva de una empresa o entidad dentro de su entorno, utilizando como fundamentos las características internas de la misma. Esto último para lograr alcanzar una mayor competitividad en el mercado, descubriendo y explotando nuevas oportunidades. (Wheelen & Hunger, 2013).

5. Cuadro PERT. Como es exteriorizado en el libro *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo*, por su autor Benjamin W. Niebel, el cuadro PERT es una herramienta ilustrativa, que evidencia las relaciones entre las tareas de un proyecto. La presente tarea es altamente provechosa para determinar y evidenciar el desarrollo cronológico de un proceso, detallando la dependencia entre tareas. Así mismo, ejerce función para calcular los tiempos de cada una de las tareas del proyecto de manera sencilla. Esto último es de gran ayuda para determinar el tiempo total que requiere ejecutar toda la acción. Sumándole

a todo lo anteriormente expuesto, en el cuadro PERT también se puede incluir columnas pertinentes a la correcta ejecución del trabajo, como lo puede ser descripción de cada tarea o el responsable de las mismas. (Niebel, 2009)

6. Análisis de operaciones. Según exterioriza el ingeniero Niebel en su libro *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo* el análisis de operaciones es una herramienta ejecutada para estudiar todo los elementos productivos y no productivos de una operación. El principal fin del mismo se limita en acrecentar la productividad respecto al tiempo de la operación y disminuir los costos de cada acción o componente, manteniendo o mejorando la calidad del procedimiento. Efectuando de manera correcta el análisis de operaciones, se alcanza mejorar y sintetizar el procedimiento operativo, garantizando la calidad e incrementando el entusiasmo por parte de los operadores. Para alcanzar de manera satisfactoria lo anteriormente expuesto, se debe de realizar un análisis individual de cada una de las acciones. Implementando por ejemplo un diagrama del proceso operativo, el analista debe de realizar una inspección de cada una de las actividades representadas gráficamente en el mismo, respondiendo a una serie de preguntas como las siguientes:

- 1) ¿Por qué es necesaria la operación?
- 2) ¿Por qué esta operación se lleva a cabo de esta manera?
- 3) ¿Cómo puede llevarse a cabo esta operación de una mejor manera?
- 4) ¿Dónde se puede realizar la operación a un menor costo y con mejor calidad?

Posteriormente, se debe de proyectar un plan de mejora de cada una de las acciones que lo amerite. Una vez realizado esto, se prosigue con el replanteamiento del proceso, habiendo mejorado la eficiencia del mismo. (Niebel, 2009)

7. Diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt es una de las primeras técnicas para el control y planeación de proyecto que surgió en los años cuarenta. Fue creada por el estadounidense Henry Gantt y se comenzó a utilizar por la necesidad existente de administrar sistemas de defensa complejos y proyectos de una mejor forma. Principalmente este diagrama ilustra de una manera simple la fecha de inicio y finalización de diferentes actividades de un proyecto por medio de barras que están graficadas con respecto al tiempo colocado en el eje horizontal. Los tiempos reales de finalización de las actividades de muestran por medio del adecuado sombreado de barras. Al trazar una línea vertical en alguna fecha específica se podrá observar si algún componente del proyecto está adelantado o retrasado. En cualquiera de los dos casos el administrador del proyecto se ve forzado a crear un plan que permita velar por que el proyecto llegue a término en el momento establecido en un inicio. (Niebel 2009)

La manera en que el diagrama de Gantt muestra información sobre el proyecto sigue siendo una de las herramientas más útiles en la gestión de proyecto. En adición al objetivo de comparar el progreso real con

el planificado, también se toma en cuenta el hecho de que es una herramienta efectiva de comunicación ya que muestra mucha información importante para los diferentes grupos de trabajo. Las únicas desventajas que se pueden mencionar son que si se tiene muchas actividades el diagrama se vuelve muy complejo además de que no muestra la relación existente entre las tareas del proyecto. (Taylor 2008)

P. Logística de transporte

1. Presupuesto. Un presupuesto puede describirse como un plan numérico que sirve para asignar recursos (económicos) a actividades específicas. Es una herramienta de planeación que permite indicar qué actividades son importantes y cuántos recursos deben de asignarse a estas. Sin embargo, no se limita a tener utilidad de planificación, sino que también sirve para controlar. Como una herramienta de control permite al administrador tener una herramienta cuantitativa para poder comparar y medir la utilización de recursos. Se pueden resaltar anomalías existentes entre el consumo real y el fijado que desembocan la posibilidad de realizar cambios en el proyecto y tomar decisiones sobre la continuidad del mismo. (Robbins 2005)

Ahora bien, para la elaboración de un presupuesto deben de cumplirse determinados puntos mencionados a continuación. En primera instancia se deben determinar las actividades del proyecto. Con esto se podrá entonces decidir que recursos se necesitan para cumplir con cada una de las tareas. Usualmente el proyecto asigna recursos monetarios, pero también puede definir la utilización de recursos como tiempo y materiales. Seguido de esto es necesario reunir información sobre costos. Las estimaciones deben de ser lo más precisas posibles porque de esta manera se podrá asignar de manera más segura los recursos para cada tarea. Ya con el presupuesto elaborado, es recomendable realizar revisiones constantes del mismo para poder tomar decisiones en caso de salirse de lo planificado. La experiencia sobre proyectos pasados puede ser de importante ayuda para la elaboración de esta herramienta. (Robbins 2005)

2. Logística. En un inicio la logística trabajaba con el fin único de conseguir que el producto estuviera en el lugar correcto en el tiempo adecuado con el costo más bajo posible. Mas estas tareas se han vuelto más complejas con el tiempo por lo cual se han incorporado criterios nuevos de optimización y efectividad de la atención al cliente. La Council of Logistics Management Professionals define la logística como “el proceso de planear, implementar y controlar efectiva y eficientemente el flujo y almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada del punto de origen al punto de consumo con propósito de cumplir los requisitos del cliente”. (Bastos 2007)

Por medio la logística lo que se quiere es atender la demanda en instancias de localización, nivel y temporalidad y a la vez coordinar de manera óptima el cliente, el producto y el canal de distribución. Todo esto sin dejar de lado el costo o la rentabilidad. En general no se trata tanto de una operación o actividad concreta. Es de organizar y planificar un proceso completo. (Bastos 2007)

Q. Responsabilidad social empresarial y conciencia ambiental

1. Responsabilidad social empresarial. También descrita como responsabilidad social corporativa por Horacio Martínez Herrera, en su libro *Responsabilidad Social y Ética Empresarial*, la responsabilidad social empresarial explica el aporte por parte de una empresa o corporación al mejoramiento social, ambiental y económico en su entorno. Esta acción es completamente voluntaria y no busca únicamente, que las actividades lucrativas de la empresa sean desarrolladas bajo la aceptación de la ley, sino que tiene el objetivo de mejorar la imagen de la empresa en el mercado y aumentar el valor añadido de la misma. Se denomina a una empresa como socialmente responsable, cuando en la toma de decisiones, esta involucra a las comunidades, trabajadores y medio ambiente, asegurándose que sus actividades tengan una repercusión positiva sobre nombrados aspectos. Es muy común, que empresas busquen ejecutar proyectos no lucrativos para desarrollar su responsabilidad social empresarial, apoyando en temas como la preservación del medio ambiente, ayuda a comunidades, educación, etc. (Martínez Herrera, 2011)

2. Conciencia ambiental. Se conoce como conciencia ambiental a la filosofía de preocupación y acción por el medio ambiente. Ilustrado la mayoría de veces como un movimiento social, la conciencia ambiental vela por la conservación del medio ambiente y por la involucración de la sociedad en este cometido. Cada vez más, la presente filosofía ha adoptado una naturaleza política, haciendo útil grupos de presión para tener peso en la misma. La conciencia ambiental busca a través de la educación y el activísimo de la sociedad, proteger los recursos naturales en el planeta. La misma ejerce tanto en tratar de cambiar el comportamiento individual de las personas respecto a sus acciones que tienen repercusión en el medio ambiente, como en presentar recursos a través de cambios en la política pública y empresarial para obligar a las instituciones a proteger la naturaleza. (Kramer, 2003)

R. Estudio de mercado

En el siguiente apartado, se hace referencia a todos los conceptos asociados con el estudio de mercado. Se explica como punto primero que es un estudio de mercado en sí y posteriormente, se detalla de manera teórica diferentes herramientas relacionadas con el control estratégico y temas de mercadeo.

1. Estudio de mercado. El estudio de mercado, es la acción elaborada por una empresa para determinar qué tan viable es la comercialización de una nueva actividad económica. En efecto, con la presente herramienta se desea conocer la respuesta del mercado ante un nuevo producto o servicio. La base de un estudio de mercado, es analizar el comportamiento de los consumidores en el mercado seleccionado, para así identificar sus necesidades y tendencias de consumo para satisfacer las mismas. Una vez estudiado a los clientes, se puede definir un plan de acción para ejecutar una mejora en la manera de venta y comercialización del producto dirigido a satisfacer las demandas de los clientes. Un estudio de mercado bien elaborado, es

sobre todo útil para delimitar el cliente objetivo de un producto, tomando en cuenta características como: edad, sexo, ingresos, preferencias, etc. (Ferré Trenzano & Ferre Nadal, 1997)

2. Conceptos de control estratégico. Los controles estratégicos, es una herramienta de planeación e inspección, que milita para establecer la evolución y valoración de las actividades que fueron establecidas a desarrollar en una empresa. El presente instrumento es sumamente beneficioso para establecer objetivos y posteriormente verificar si los mismos se están cumpliendo. Puntualmente, este vela para que todos los resultados previamente proyectados a lo largo de la definición de la estrategia se hagan realidad. Como lo establecen Wheelen y Hunger en su libro “Administración Estratégica y política de negocios”, una de las facetas del control estratégico es la contribución para definir de manera anticipada los puntos de: 1) Qué se tiene, 2) Qué se va a hacer y 3) Cómo y con quiénes se ejecutará. Las etapas que conforman el Control Estratégico son:

- Fijación de Objetivos
- Evaluación de los resultados
- Comparación y contraste con los objetivos establecidos
- Análisis de las desviaciones
- Acción de corrección.

(Wheelen & Hunger, 2013).

3. Aspectos estratégicos del marketing. Es sumamente importante que un producto este dirigido por un buen administrador financiero. Esto último con el indispensable fin de crear y mantener un vínculo entre la empresa y el cliente, contrastándolo siempre con las actividades de la competencia. Como se desarrolla en el libro *Administración Estratégica y Política de Negocio*, la empresa debe de procurar de posicionar su marca en un lugar privilegiado en el mercado, apostando siempre por mantener una buena reputación de la misma. Ahora bien, para efectuar una buena estrategia respecto al marketing, la empresa debe de tomar en cuenta diferentes aspectos. Como primer punto se debe de exponer la posición y segmentación del mercado.

Extendiendo lo anteriormente nombrado, la posición del mercado favorece a la empresa para poder definir a que tipos de clientes debe de dirigir su atención. Específicamente, esto se realiza tomando en cuenta 5 variables distintas: geográficas, demográficas, psicográficas y de conducta. Esto se conoce segmentación de mercado y una vez teniendo esta establecida, la empresa puede proseguir definiendo su estrategia de promoción. (Wheelen & Hunger, 2013).

Ahora bien, como otro componente inherente la estrategia de marketing, que debe de ejecutar un administrador financiero, es la mezcla de marketing. Aludida herramienta relaciona 4 variables indispensables en el desarrollo de un producto, y las cuales también ayudan a definir la ventaja competitiva

del mismo respecto a la competencia. Específicamente, las 4 variables comentadas se refieren al producto, plaza, promoción y precio. (Wheelen & Hunger, 2013).

4. CANVAS. Creado por Alex Osterwalder como fundamento de su trabajo de tesis de doctorado en el año 2010, el así bautizado Modelo de Negocio Canvas, rápidamente se fue acrecentando de utilidad para diversas empresas alrededor de todo el mundo. Puntualmente, la presente herramienta radica en sintetizar sobre un cuadro ilustrativo, nueve elementos inherentes en el desarrollo comercial de una empresa. Esto último se elabora con el fin de analizar la empresa de manera íntegra y de esa manera poder desarrollar distintos modelos de negocios. *“Un modelo de negocio fundamentado en la innovación se basa en encontrar y fomentar nuevas formas de crear, entregar y captar valor para el cliente”* (Alex Osterwalder, 2010).

De esa manera, el creador del Modelo de Negocios Canvas justifica la gran ayuda que puede brindar su herramienta a una empresa que desea de forma práctica elaborar nuevas formas de lucro que contribuyan a su cadena de valor. De igual forma, el Canvas ayuda a tanto emprendedores como a empresas a convertir en realidades tangibles, ideas de proyectos de negocios. Ahora bien, los anteriormente nueve elementos aludidos que componen la misma son:

- 1) **Socios clave:** Establecer las entidades o individuos copartícipes del negocio, con los cuales se establecerán alianzas para el desarrollo del mismo. Entiéndase bajo estos: proveedores, inversionistas, colaboradores etc.
- 2) **Segmento de cliente:** Delimitar el nicho de mercado a dirigirse y definir las oportunidades de negocio
- 3) **Propuesta de valor:** Establecer las características innovadoras del proyecto, las cuales actúan como diferenciadores de la competencia y permiten acercarse a los clientes.
- 4) **Calanes:** Establecer los canales que se harán útiles para la distribución y comunicación del proyecto.
- 5) **Relación con los clientes:** Definir cómo será la relación mantenida con los clientes.
- 6) **Fuente de ingresos:** Establecer cuáles serán las actividades que aran al proyecto lucrativo y sostenible.
- 7) **Recursos clave:** Puntualizar cuáles serán los insumos claves e imprescindibles para que el proyecto se pueda desarrollar de manera correcta.
- 8) **Actividades clave:** Conocer las actividades inherentes del modelo de negocios para poder explotarlas y así darle valor a la marca.
- 9) **Estructura de costes:** Fijar los costes que conlleva la realización del negocio, para poder así establecer el precio que tendrán que pagar los clientes por la adquisición del producto o servicio. (Osterwalder, 2010)

V. ANTECEDENTES

En primera instancia se debe mencionar que el aludido megaproyecto tuvo su primera participación en la Shell Eco-marathon 2013 en donde se realizó el primer vehículo prototipo el cual no superó las pruebas técnicas para salir a pista. En el siguiente año se trabajó sobre un nuevo vehículo cuya construcción fue realizada por estudiantes de Ingeniería Química, Mecánica, Mecatrónica e Industrial. Durante la competencia el prototipo cumplió los requisitos para salir a la pista de competencia. En 2015 el vehículo fue mejorado a través de las modificaciones en el motor y carrocería, mas por desperfectos en la dirección del vehículo no se aprobaron las inspecciones técnicas. En el año 2016 se continuaron las modificaciones sobre el prototipo de la fase II.

A. Arranque en frío

La primera participación del equipo Taq Balam fue en el año 2013. En esta ocasión se participó con un motor Honda GX31, equipado con un kit de inyección electrónica SE-EFI Kit, Ecotrons v.2.7.4. Sin embargo, debido a problemas con el vehículo, no se logró aprobar la inspección técnica y no se logró salir a pista.

Luego, en el 2014 se contó ya con un motor Honda GXH50 ya que este era más pequeño y funcional para el vehículo prototipo. De igual manera se intentó adaptar el inyector SE-EFI Kit, Ecotrons v.2.7.4. En este año se encontraron ciertos parámetros que mejoraron considerablemente el funcionamiento con etanol. Estos fueron la presión de inyección con un valor de 2 bar, flujo estático de inyección de 17 g/min de etanol y el ángulo de retraso de chispa que se fijó en -70° . La mejora de estos parámetros permitió que se aprobara la inspección técnica por primera vez en la historia del equipo Taq Balam, lo que significó un gran avance no solamente en la competencia sino también en el conocimiento adquirido por los miembros de equipo.

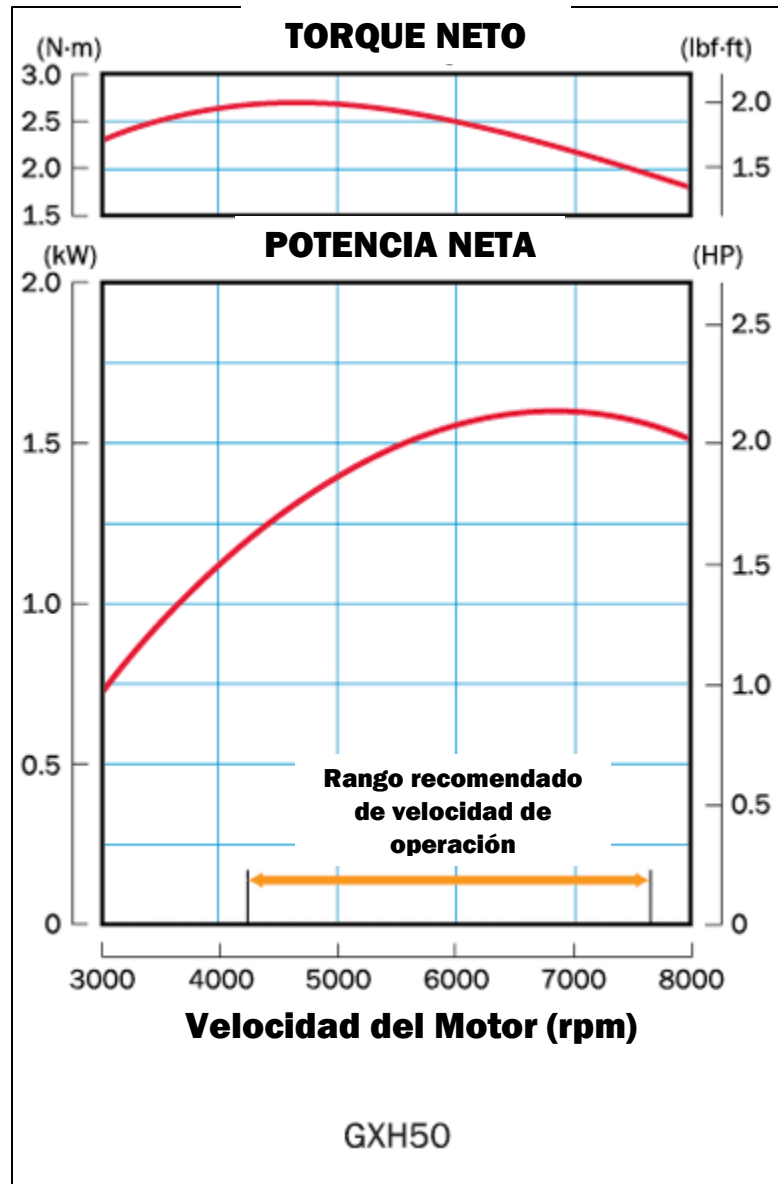
Seguidamente, en el año 2015, se intentó instalar un convertidor catalítico con el objetivo de disminuir las emisiones tóxicas de los gases de combustión del motor Honda GXH50 y también se logró aprobar la inspección técnica. Con las mejoras hechas en este módulo, el arranque en frío y el estado ralentí, se logró aprobar con más facilidad la inspección técnica y, además, se logró competir en pista dando una vuelta completa en el circuito de competencia; sin duda un avance histórico en la evolución del proyecto ya que sienta nuevas bases para continuar con el estudio de la inyección electrónica y usa de etanol.

B. Curva de desempeño de un motor Honda GXH 50

Los datos del proveedor, HONDA, proporcionan una curva de desempeño del Motor HONDA GXH50, la cual relaciona la velocidad del motor, en revoluciones por minuto, con la potencia neta del motor,

en kilowatts y caballos de potencia, y torque neto, en Newton-metro y libras por pie. Con estos datos se puede calcular el torque que se produce por el motor. (Honda, 2016)

Figura 10: Relación teórica de motor GXH50 de velocidad del motor (rpm) a potencia neta y torque neto.



(Honda, 2016)

Cuadro 1: Valores seleccionados para realizar

Velocidad del Motor (RPM)	Torque Neto (N·m)
3000	2.3125
3250	2.4375
3500	2.5
3750	2.59375
4000	2.65625
4250	2.6875
4500	2.71875
4750	2.71875
5000	2.6875
5250	2.65625
5500	2.625
5750	2.5625
6000	2.5
6250	2.4375
6500	2.34375
6750	2.25
7000	2.1875
7250	2.09375
7500	2
7750	1.90625
8000	1.8125

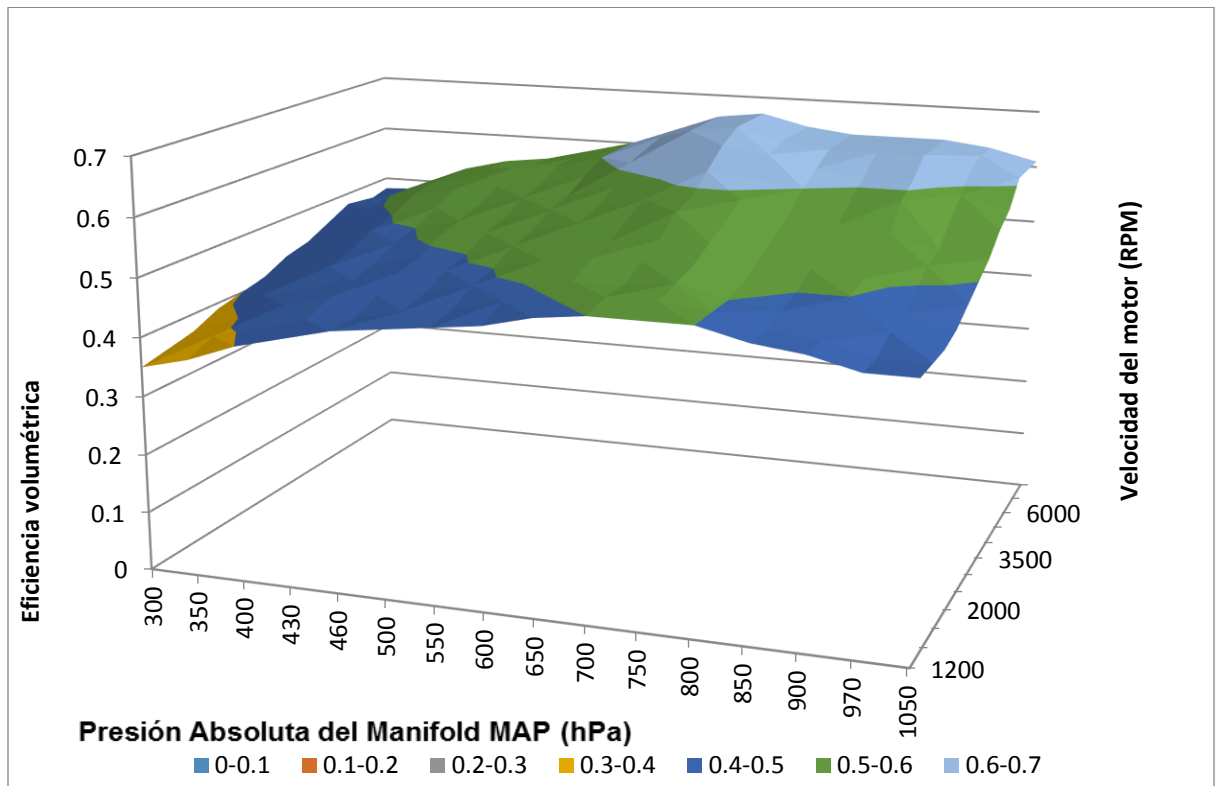
Notas: Valores tomados de la curva de torque contra velocidad del motor de la Figura 5.

C. Eficiencia volumétrica al inicio del período del Megaproyecto

El motor empezó teniendo factores muy malos en cuanto a su eficiencia volumétrica. Se puede observar cómo son la velocidad del motor no sobrepasa las 3000 rev por minuto. El objetivo de este megaproyecto es mejorar esta eficiencia, para poder tener una mejor combustión manteniendo el motor en estado ralenti.

La siguiente superficie representa la eficiencia volumétrica en función de dos variables: La velocidad del motor en revoluciones por minuto (RPM) y la presión absoluta en el manifold (MAP).

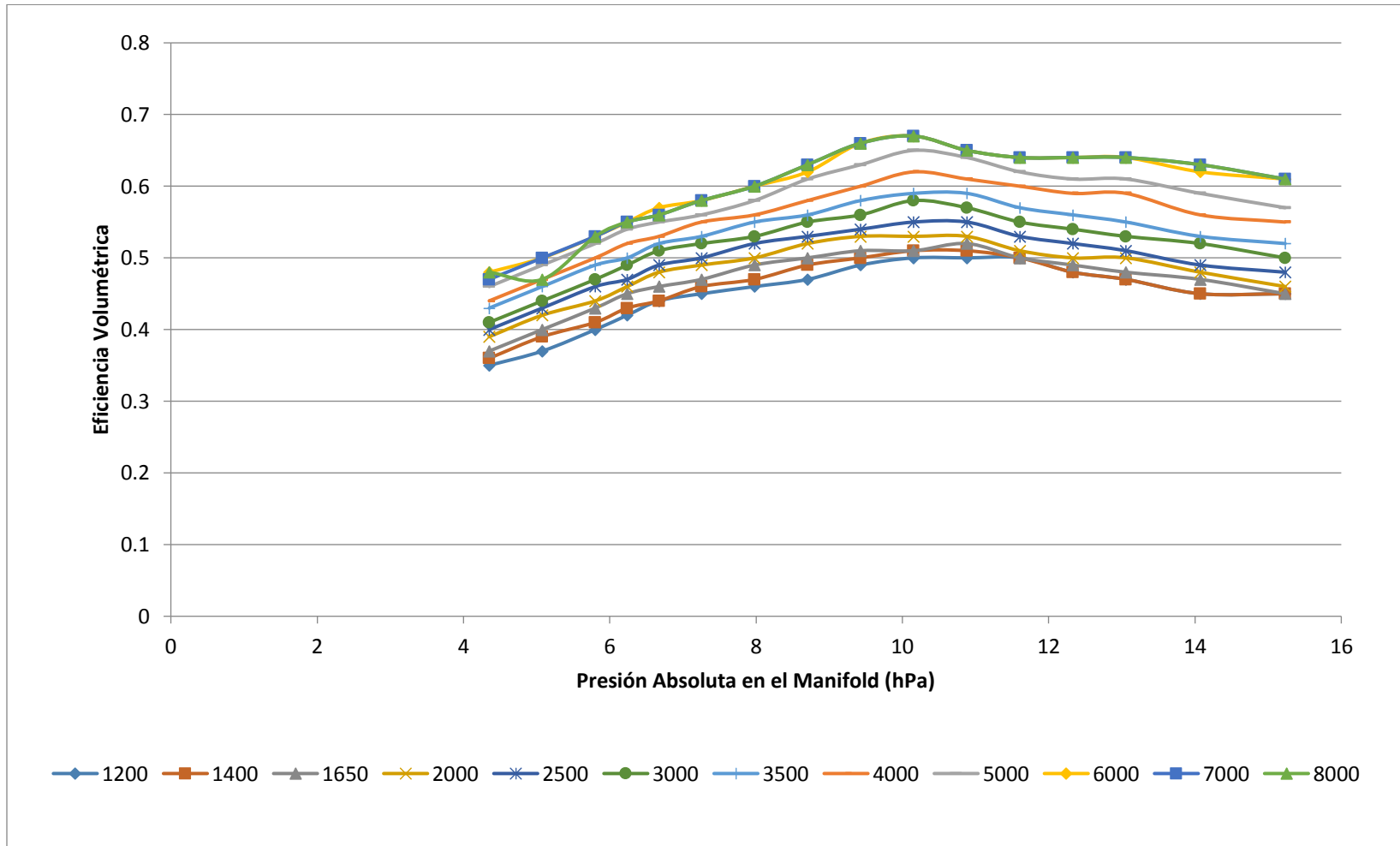
Figura 11: Gráfico de la eficiencia volumétrica en función del MAP y las RPM



Cuadro 2: Valores numéricos previos a la implementación del modelo de la eficiencia volumétrica

MAP (hPa)/N (RPM)	300	350	400	430	460	500	550	600	650	700	750	800	850	900	970	1050
1200	0.35	0.37	0.4	0.42	0.44	0.45	0.46	0.47	0.49	0.5	0.5	0.5	0.48	0.47	0.45	0.45
1400	0.36	0.39	0.41	0.43	0.44	0.46	0.47	0.49	0.5	0.51	0.51	0.5	0.48	0.47	0.45	0.45
1650	0.37	0.4	0.43	0.45	0.46	0.47	0.49	0.5	0.51	0.51	0.52	0.5	0.49	0.48	0.47	0.45
2000	0.39	0.42	0.44	0.46	0.48	0.49	0.5	0.52	0.53	0.53	0.53	0.51	0.5	0.5	0.48	0.46
2500	0.4	0.43	0.46	0.47	0.49	0.5	0.52	0.53	0.54	0.55	0.55	0.53	0.52	0.51	0.49	0.48
3000	0.41	0.44	0.47	0.49	0.51	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.57	0.55	0.54	0.53	0.52	0.5
3500	0.43	0.46	0.49	0.5	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.59	0.57	0.56	0.55	0.53	0.52
4000	0.44	0.47	0.5	0.52	0.53	0.55	0.56	0.58	0.6	0.62	0.61	0.6	0.59	0.59	0.56	0.55
5000	0.46	0.49	0.52	0.54	0.55	0.56	0.58	0.61	0.63	0.65	0.64	0.62	0.61	0.61	0.59	0.57
6000	0.48	0.5	0.53	0.55	0.57	0.58	0.6	0.62	0.66	0.67	0.65	0.64	0.64	0.64	0.62	0.61
7000	0.47	0.5	0.53	0.55	0.56	0.58	0.6	0.63	0.66	0.67	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.61
8000	0.48	0.47	0.53	0.55	0.56	0.58	0.6	0.63	0.66	0.67	0.65	0.64	0.64	0.64	0.63	0.61

Figura 12: Gráfico de la eficiencia volumétrica en función del MAP



D. Selección del equipo, procesos de compras y logística de transporte del vehículo

Para la selección de las personas a formar el equipo Taq Balam, no se contaba con un proceso definido que buscara características intelectuales y físicas determinadas en los candidatos. Desde inicios del proyecto en el año 2012, Taq Balam se había formado gracias al interés de estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle de Guatemala. Básicamente, aquellos estudiantes que les llamara la atención estar en el equipo, que cumplieran con el requisito de haber seleccionado megaproyecto como modalidad de graduación y cuya carrera estudiada podía hacer un aporte al trabajo sobre el vehículo ultraeficiente o en la administración del equipo mismo, eran bienvenidos luego de haber sido aprobados por el investigador principal. Únicamente las pilotos debían cumplir con ciertas medidas corporales, peso y altura, que les permitirán caber cómodamente en el vehículo y manejarlos.

La selección del equipo formado en 2015 se dio por medio de estudiantes que buscaron el proyecto luego de que este fuera presentado en una feria de megaproyectos dentro de la Universidad del Valle de Guatemala y por referencias de los primeros integrantes. Las pilotos fueron elegidas mediante un casting hecho dentro de la universidad. Es necesario mencionar que el proyecto ha sido formado por estudiantes de ingeniería en las ramas de Ingeniería Química, Industrial, Mecatrónica, Mecánica y en Ciencia de la Administración.

La distribución de las tareas se ha dado en la manera siguiente. Los estudiantes de Ingeniería Química han sido responsables del desarrollo del motor que funciona a base de etanol. Los ingenieros mecánicos y mecatrónicos han tenido la responsabilidad de diseñar el vehículo con todas sus partes, llevarlo a la construcción y se han encargado del sistema eléctrico. Por último, los industriales y en ciencia de la administración se han encargado de la promoción, manejo económico, mercadeo y administración de los recursos. En ninguna de las ocasiones, un equipo anterior ha realizado una reunión de entrega del proyecto en donde se tomarán los temas de cómo fue el desempeño del equipo durante el último año y que mejoras se deben de implementar o que nuevas áreas es necesario trabajar.

Cambiando la línea de pensamiento, se deben mencionar los procesos de compras del proyecto. La manera en que debían gestionarse las comparas de recursos para el trabajo sobre el vehículo era información conocida. Tanto el investigador principal como la asistente del Centro de Procesos Industriales (CPI) de la Universidad del Valle de Guatemala conocían las actividades que se debían seguir para las compras locales y externas. Sin embargo, no existía documentación sobre estos procesos. Los alumnos encargados de la administración del equipo debían aprender por medio de instrucciones verbales, qué pasos debían seguir para poder solicitar fondos para compras, los requisitos para las mismas y las fechas que había que respetar para la realización de actividades.

La falta de documentación daba lugar a que se cometieran errores administrativos como facturas con datos incorrectos o faltantes, liquidaciones entregadas fuera del tiempo establecido, no cumplir con políticas del Departamento de Compras de la Universidad del Valle y atrasos en adquisición de recursos para trabajo sobre el vehículo. Los estudiantes encargados del tema no tenían un archivo de consulta de

pasos y un cronograma para verificar el tiempo que debían respetar. De esta manera, se mantenía una dependencia de personas que en este caso eran el investigador principal y la asistente del CPI.

Finalmente, es necesario incluir la logística de transporte del vehículo y equipo complementario hacia el lugar de la competencia. Al igual que con los procesos de compra, los procesos de transporte del vehículo no estaban documentados y los administradores del equipo debían recurrir al investigador principal para conocer lo que debían hacer para organizar el transporte incurriendo así en la dependencia de una persona. De igual modo, no había un documento de referencia para el tiempo en el que se debían realizar las actividades. Esto abrió paso a que se dieran retrasos en la gestión del transporte considerando que parte del mismo debía organizarse teniendo permiso de la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT). La autorización de exportación podía tardarse más de quince días hábiles lo que en los años anteriores, y el presente, había causado que las actividades para completar el transporte se pudieran realizar hasta cercana la fecha de envío. Esto ha tenido como consecuencia que en las competencias del 2013 y 2014 el vehículo llegara al lugar de la Shell Eco-marathon cuando esta tenía ya tres y dos días de iniciada respectivamente.

Por último, se debe mencionar que tampoco había una documentación del presupuesto para las actividades de transporte. Los alumnos administradores no podían referirse a un cuadro para conocer los costos que implicaba enviar el vehículo y hacia qué punto debían llegar las actividades de recaudación de fondos (adquisición de proveedores) para cubrir los mismos.

E. Perfil de entidades copartícipes, plan de comunicación y procesos administrativos pre competencia

Desde el inicio del proyecto, la actividad realizada para la adquisición de recursos económicos se limitaba únicamente a la petición de donaciones por parte de empresas. En las primeras dos etapas no se contó con un procedimiento establecido de persuasión de patrocinadores y la elección de los mismos se veía mayormente restringida a empresas en las cuales se contaba con algún contacto interno conocido. Se buscaba dentro de los integrantes del equipo Taq Balam, referencias de personas en empresas que pudieran conseguir una entrevista con los directivos de las mismas, para poder presentarles el proyecto y potencialmente adquirir ayuda financiera de ellos. Dicha reunión constaba en exponerle a los directivos de las empresas una presentación de Power Point con información pertinente al proyecto y a la competencia de la Shell Eco-marathon. Cabe mencionar, que esta presentación era adoptada año con año, realizando mínimas alteraciones en su contenido. En efecto, el mayor argumento persuasivo que se utilizaba para convencer a las empresas de unirse al proyecto era el derecho de colocar su logo en la carrocería del vehículo y la publicación de la alianza en la página oficial de Facebook de Taq Balam. Cabe mencionar que, de esa manera el equipo alcanzó obtener un total de siete patrocinadores oficiales en el ciclo 2013-2014 y 3 en la temporada 2014-2015. De igual forma, en una de las etapas anteriores del proyecto, se realizó un evento de ventas de firmas. Puntualmente, cualquier persona podía obtener el derecho de colocar una calcomanía con su firma en la carrocería del vehículo, si realizaba una donación de 100 Quetzales.

Ahora bien, durante la fase 3 del proyecto, el equipo dedicó esfuerzos para progresar en la manera de captación de nuevos patrocinadores. Puntualmente, se realizó desde cero una presentación más elaborada del proyecto, implementando temas ambientales, sociales y motivacionales. La principal idea a transmitir con la misma era que, a través del proyecto jóvenes estudiantes de la UVG podían demostrar sus capacidades innovadoras y que con la unión de ambas partes se lograría poner el nombre de Guatemala en un contexto relevante e internacional. Sumándole a esto, se les extendía a las empresas un trifoliar con información pertinente del equipo, sus actividades y objetivos. De esta manera, se logró la obtención de un total de 11 patrocinadores oficiales, siendo así el año con más patrocinadores desde el inicio de Taq Balam.

En el caso de la comunicación del proyecto Taq Balam, desde que inició, no se estableció un plan de ejecución. En etapas anteriores, la actividad de promoción del proyecto, se limitaba únicamente a escasas y espontáneas publicaciones en la página oficial de Facebook; las cuales por su nula constancia no generaban mayor trascendencia dentro de la comunidad de seguidores. Puntualmente, a finalizar la etapa número dos del proyecto, la página de Facebook oficial de Taq Balam contaba con un total de 1052 “me gusta”. En efecto, mencionada red social era el único vínculo que mantenía el proyecto con la sociedad, para muy ocasionalmente publicar sus actividades. Durante el ciclo 2015-2016, se realizó una mejora en la manera de promocionar el proyecto. Puntualmente, se acrecentó la actividad en la red social de Facebook. En esa plataforma, en promedio de dos veces por semana, se publicaban todas las noticias, actividades y avances del proyecto. Esto significó el aumento de “me gusta” por publicación. Antes de junio del 2015, las publicaciones de Taq Balam tenían un promedio de 15 me gusta y estas eran publicadas en promedio una vez cada mes. A partir de aludido mes en adelante, los “me gusta” por publicación aumentaron a un promedio de 40. Esto significó un aumento del 167%. De igual forma, de manera general la comunidad de seguidores de la página oficial de Facebook aumentó de 1052 a 1583.

Así mismo, en la temporada 2015-2016, se ejecutaron diferentes tipos de actividades mediáticas que ayudaron a aportar a la popularidad del proyecto en Guatemala. De manera específica, se realizaron 3 entrevistas en dos programas televisivos. En el primer programa, “Desde los Pits” de “Antigua Sports”, se realizaron dos visitas con un lapso de dos meses entre ambas. Estas, según los encargados del programa obtuvieron una audiencia televisiva de 15,000 personas cada una. Por otro lado, se llevó a cabo una visita al programa “Todo Sobre Ruedas” la cual representó una audiencia de 70,000 personas. Esto significó una audiencia televisiva total de 100,000 en cuatro meses. En el ámbito de radio, de igual forma realizaron actividades. Específicamente se realizó una entrevista en la emisora “94.9” y otra en “106.1”, las cuales emiten su transmisión en toda la república. Por último, el periódico “Prensa Libre”, elaboró un artículo acerca del proyecto y la competencia. Aludido medio escrito tiene contemplado un total de 130,000 lectores

Ahora bien, en todas las etapas del proyecto, estando en la competencia, siempre se mantenía un canal de transmisión en vivo, el cual era utilizado para transmitir parte de las vivencias y avances del equipo en la competencia. Por otro lado, la sinergia de comunicación y promoción entre el proyecto y los patrocinadores era carente. No existió una coordinación entre ambas entidades, proyecto y patrocinadores, para promocionar la alianza entre ambas.

Ahora bien, en cada una de las etapas, al finalizar la competencia se desarrollaba un así llamado “Informe a Patrocinadores”, el cual era extendido a cada una de las empresas aliadas al proyecto. Mencionado informe contenía información relacionada a los resultados del equipo en la competencia, tanto en la aprobación de la inspección técnica como el número de corridas aprobadas en el circuito. Así mismo se presentaba los avances realizados en el diseño y construcción del vehículo y se ilustraba, a través de fotografías, la comparación y el desarrollo respecto a las etapas anteriores del proyecto. Por último, se adjuntaba un informe de los costos del proyecto; los cuales incluían el costo del transporte del vehículo a la competencia, el costo estimado de las mejoras realizadas al vehículo, el costo estimado de repuestos y comunicación durante el viaje, el costo estimado de los viáticos de todos los integrantes del grupo y el costo estimado del boleto de avión del investigador principal.

Desarrollando ahora la materia referida a la manera de administrar tanto la inscripción antes de la competencia del equipo en la misma, como el cumplimiento de las inspecciones técnicas; se deja desarrollar los siguientes asuntos. En ninguna de las etapas anteriores, se había realizado algún tipo de documentación referida a ninguno de los dos procesos previamente nombrados. En lo que respecta al proceso de inscripción del equipo Taq Balam en la Shell Eco-marathon, ninguna fase contó con un proceso de traspaso de información. Esto conllevaba a que cada equipo nuevo, debía de recopilar nuevamente la información necesaria para las tres diferentes fases de la inscripción en la página web oficial de la Shell Eco-marathon.

Lo que se refiere a los pasos a seguir y las fechas límite, para alcanzar que el vehículo estuviera listo para la competencia, la única fuente de información en todas las etapas era el investigador principal, el Ing. José Andrés Hernández. Basándose en su experiencia, él definía las tareas que debía de realizar cada uno de los miembros del equipo, así como las fechas límites para ejecutar un plan de avances para llegar a la Shell Eco-marathon con un vehículo fiable y competitivo. De igual forma hablando ahora acerca de las inspecciones técnicas de la competencia, se indagaba en el manual de reglas publicado por la Shell, donde se exterioriza los requisitos que debe de cumplir los vehículos participantes. La falta de certeza en el contenido puntual de lo que se verificaba en las inspecciones técnicas en la competencia, conllevó a que en 2 de las 4 participaciones no se lograra sobrepasar este requisito.

VI. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se pretende dar descripción a la manera en que se trabajan los objetivos planteados. Se especifica la manera de utilizar las herramientas y el proceder implementado para obtener la información necesaria. Cabe mencionar que también se presenta el modelo de algunas de las herramientas utilizadas.

A. Ajuste de retraso de chispa del motor Honda GXH50

- Marcar con papel reflectivo el punto muerto superior del motor (está señalado por una pequeña flecha en el rotor, ver Ilustración no. 6).
- Encender motor.
- Con una lámpara de tiempo verificar que el sensor está colocado en el ángulo ideal (aleta de lámpara coincide con marca del motor).
- Si no se ajusta la aleta con la marca modificar pieza adaptada.
- Ajustar el ángulo de retraso en el Software EcoCal. El nombre de variable en el Software es: VAL_dlgaGap2TdcAdj.
- Encender motor
- Si el encendido está adelantado ir aumentando de 2 en 2 o de 5 en 5 grados hasta lograr ajustarlo, si está atrasado, disminuirlo y observar que el motor no presenta problemas de ruidos extraños en las válvulas de admisión o problemas con el arranque.

Figura 13: Marca de la aleta que señala PMS del motor



B. Ajustar factor de enriquecimiento de combustible para el arranque en frío del motor Honda GXH50

- Encender motor.
- Conectar ECU a computadora con cable de señal (Ver Ilustración No. 14).
- Medir temperatura inicial del motor utilizando el termómetro infrarrojo y el software EcoCal. El nombre de la variable en el Software es: TmSta.
- En la pestaña de “Start Fuel” del Software EcoCal, identificar qué temperatura es la más cercana a la temperatura medida (Ver Ilustración No. 15).
- Subir en 0.5 unidades el factor de enriquecimiento en la temperatura determinada en b y quemar información en ECU.
- Encender motor y evaluar cómo se comporta. Si no funciona de manera correcta o no arranca fácilmente, esperar al otro día para volver al paso a.
- Volver a aumentar en 0.5 el factor de enriquecimiento.
- Si se presentan problemas con el arranque, disminuir en 0.5 unidades desde el punto de partida.
- Registrar cómo reacciona al motor a cada cambio de factor de enriquecimiento en la siguiente escala: Arrancó, arrancó tras varios intentos o no arrancó.
- Realizar un gráfico de dispersión para determinar temperaturas y los factores de enriquecimiento asociados a temperaturas que se repitan.

*Esta metodología se puede hacer únicamente una vez al día.

Figura 14: Cable de señal ECU a computadora



Figura 15: Interfaz de software EcoCal en Start Fuel

EcoCAL V1.6.1

File Edit Settings Run Variables Diagnostics Advanced Help

Project: S33_H11_L49_Cr17_E4.A2I, 22_Enero_2015.cal, Calibration, TaqBalam_2016_8 de

RPM: 0 Rpm
 MAP: 0 kPa
 TPS: 0 %
 ECT: 0 DegC
 IAT: 0 DegC
 O2S: 0 V
 SPARK: 0 CrA
 FUEL PW1: 0 ms
 FUEL PW2: 0 ms
 LamW02: 0

Converting the file...
 Parsing the file...
 File loaded successfully!
 Load configuration successfully! File path: C:\EcoCAL\current_config.ini

Engine start conditions

Input: Tm, [DegC], "break points, engine temperature"
 Output: CUR_NstaEnd_Tm, [Rpm], "Engine speed threshold for end of start"

Tm [DegC]	-30	0	90
CUR_NstaEnd_Tm [Rpm]	1080	1080	1080

Engine start end

Start fuel

Input: TmSta, [DegC], "break points, engine temperature at start"
 Output: CUR_fClSta_TmSta, [,], "start fuel factor for cold start, dependent on engine start temp."

TmSta [DegC]	-30	-25	-20	-15	-10	0	10	20	30	41	60	80
CUR_fClSta_TmSta	25.00	20.00	16.00	13.00	12.00	10.00	9.00	8.00	8.00	7.50	3.00	1.00

Start fuel factor

Injector flow rate

Alias	Name	Value	Unit
Injector flow rate	VAL_Qstat	17.49	g/min
VAL_fFlApp	VAL_fFlApp	1.70	-
Pickup to TDC advance angle	VAL_digaGap2TdcAdj	-22	CrA

Selected Variables

Alias	Name	Value	Unit
Raw engine speed	Nraw		Rpm
Throttle Position Sensor	Tps		%
Battery voltage from ADC channel	Ub-Adc		V
Engine-start end	B_StaEnd		
Start fuel factor	fFlSta		
Engine temperature when start	TmSta		DegC
Engine-speed of byte value	N_b		Rpm
Engine temperature	Tm		DegC
Intake air temperature	Ta		DegC
Ambient pressure	Pam		hPa
Pre-control fuel factor	fPreCl		
Lambda	LamW02		
Engine Speed	N		Rpm
Load	Ld		%
Predicted Load	LdPrd		%
Fuel Pulse Width #1	tlnj0		ms
Number of injections	nInj		

Servo Motor | Desired idle speed | Global fuel enrichment | Start fuel | Start ignition | After-start fuel | Idle ignition | Warm up fuel | Steady-State | Acceleration | Deceleration | Performance WOT | Altitude Calibrat

1. Medir flujo másico real de etanol que está ingresando al motor utilizando un cronómetro y un tanque de vidrio de 250 ml proporcionado por Shell Internacional calibrado para medir gramos (Ver procedimiento de calibración de tanque de combustible en sección de Anexos).
 - Llenar de etanol el tanque de vidrio hasta la marca de inicio.
 - Encender motor, en este momento comenzar a medir tiempo con un cronómetro.

- Esperar que el menisco baje una marca y detener el tiempo. Anotar este tiempo en una tabla.
 - Seguidamente, repetir el proceso desde el paso a, pero esperar a que el menisco baje dos marcas. Anotar este tiempo en la tabla preparada en el paso c.
 - Repetir este procedimiento esperando cada vez una marca más hasta agotar el etanol del tanque.
2. Medir velocidad de aire de entrada al motor utilizando un anemómetro de varilla en la entrada de aire. Repetir procedimiento tres veces. Medir también presión barométrica utilizando el barómetro que se encuentra dentro del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, así como la temperatura ambiente utilizando el termómetro ubicado en el mismo lugar.
 3. Instalar escape de gases en el motor (ver Ilustración No. 16) y medir velocidad de gases de combustión utilizando un anemómetro de varilla en la salida del escape.

Figura 16: Escape utilizado para mediciones en el motor Honda GXH50



4. Medir composición de gases de combustión utilizando analizador de gases de combustión marca Bacharach.
5. Con el motor encendido, medir temperatura del motor utilizando un termómetro infrarrojo. Además, medir temperatura ambiente.
6. Colocar un ventilador pequeño encendido en dirección al motor y repetir paso 7.

Para las pruebas se dejaron constantes las siguientes variables en el software EcoCal:

Variable	Valor
Injector Flow Rate (VAL_Qstat)	17.69
Enriquecimiento Global (VAL_fFlApp)	1.7
Ángulo de retraso (VAL_dlgaGap2TdcAdj)	-17

Nota: Estos valores estaban preestablecidos en el software

C. Materiales y equipo de trabajo para módulo de eficiencia volumétrica

1. Materiales

a. Construcción

- 2 Mangueras para altas presiones
- Acoples rápidos de cobre
- Acoples rápidos en forma de T
- Cinta de Teflón
- Cinta de aislar
- 1 alicate puntiagudo
- 1 abrazadera metálica
- Botella de plástico
- Pegamento para plástico

b. Experimentación

- Etanol

2. Equipo

c. Experimentación

- Motor Honda RXH-50
- Fuente de Poder de Corriente Alterna
- Batería de 12 V
- Tanque de vidrio 500 mL proporcionado por lo Shell
- Inflador manual

D. Diseño, construcción e instalación

1. Diseño del sistema de presurización. Para poder mejorar la eficiencia volumétrica se tuvo que empezar con rediseñar el sistema de presurización de combustible. Esto para poder mantener una presión constante mientras el motor está en operación. Se optó por utilizar sistemas de acoples rápidos para poder desconectar la manguera de manera más rápido y poder ingresar el combustible con más rapidez. Se utilizó cinta de teflón para evitar fugas de aire en los acoples. Se optó por pegar un acople rápido a una botella de plástico PET, la cual se utilizó como reservorio de aire.

E. Pruebas de funcionamiento

1. Prueba de fugas en el sistema de presurización. Esta prueba consistió en asegurar que el sistema de presurización no contara con fugas, las cuales dejaran salir el aire y, por lo tanto, cambiar la presión del fluido dentro del sistema. Se siguieron los siguientes pasos:

- Preparar una mezcla de jabón y agua para obtener espuma.
- Cubrir con espuma las áreas donde se puedan dar fugas de aire.
- Si se ve la formación de burbujas, indica que hay una fuga de aire presente.
- Reparar la fuga, aplicando más cinta de teflón o pegamento dependiendo del área donde se encuentre la fuga.
- Se repiten los pasos anteriores hasta no haber presencia de más formación de burbujas, indicando que ya no hay fugas.

F. Revisión de antecedentes

Antes de comenzar, se procedió a la revisión de las fases de los megaproyectos anteriores, los cuales poseen información del vehículo actual. Esto se necesitó para poder lograr hacer cambios en el mismo y ver cómo se procede a estudiar. De igual manera, una inspección técnica del carro y del motor fueron requeridas para poder ubicar el trabajo. Se procedió a leer el manual del programa EcoCAL de Ecotrons, el cual pertenece al inyector. Luego, en el programa de EcoCAL, se observaron las condiciones actuales del motor.

- Se realizaron 10 corridas, variando la entrada de aire al manifold. Estas se lograron hacer antes de poder modificar el motor para poder establecer cuál era la cantidad apta para el funcionamiento del motor y dejar esta variable fija al momento de seguir con las pruebas y evitar que se estuviera

ingresando más error que se pudiera captar al momento de realizar mediciones con la cantidad de masa que estaba entrando al motor.

G. Modelos matemáticos de eficiencia volumétrica

Se procedió a la revisión de los modelos matemáticos que se utilizaron para poder mejorar la eficiencia volumétrica del motor HONDA GXH50. Para esto se hizo una revisión bibliográfica de motores de combustión interna. Se necesitó de las suposiciones que se harán para poder empezar el modelaje. Fue necesario tomar en consideración los principios termodinámicos, de flujo de fluidos y de transferencia de calor, los cuales abarcan el campo de ingeniería química para poder obtener modelos aceptables.

H. Establecer parámetros específicos de la operación del motor

Para poder iniciar con las pruebas que involucran la inyección y combustión con etanol, se debieron de tomar en consideración los parámetros con los que se estaría trabajando. El primer paso constó en medir el estado inicial del motor. Para esto, se utilizó el programa de EcoCAL. Se obtienen curvas de los distintos parámetros que se pudieron medir con el programa. Estos parámetros incluyen lo que son la presión del manifold, la temperatura del motor, la velocidad del motor, el ángulo de desplazamiento de chispa y la relación aire-combustible. Al obtener varias mediciones, se pudo ir constando los parámetros que afectan directamente a la eficiencia volumétrica. Para poder establecer los parámetros que influyen en el motor, se realizaron los siguientes pasos:

- Se hicieron 3 corridas para poder trabajar en triplicado (Sección de Datos Originales a partir del Anexo 50). Se puso en operación el motor y se pudieron grabar, con el programa de EcoCAL, corridas de 6, 5 y 12 segundos. Se analizaron la mayor cantidad de datos posibles para poder conseguir resultados significativos.
- Los datos se transfirieron a Excel.
- En Excel, se lograron calcular los valores de masa de aire que estaba entrando al motor (Anexo 62).
- Con la curva de desempeño del motor adquirida por parte del fabricante, se pudo calcular la variable de torque utilizando la velocidad del motor en revoluciones por minuto.
- Juntando los datos de masa de aire calculada, ángulo de retraso de la chispa, relación aire combustible, velocidad del motor (en radianes por segundo), y utilizando la herramienta de Excel de regresión múltiple, se obtuvieron los valores de los coeficientes para poder obtener una ecuación que relacionara el torque con estas variables mencionadas anteriormente. Teniendo como rangos de operación de 3,000 a 6,000 rpms para el estado ralenti.

I. Simular el modelo propuesto

Se obtuvo valores numéricos del ángulo de desplazamiento de chispa, relación aire-combustible, masa de aire que entra al motor y velocidad del motor. Estos valores se pudieron analizar y modelar para poder expresar por medio de ellos una ecuación de torque. Utilizando el modelo propuesto, se pudo utilizar un modelo de simulación proporcionado por Simulink (como se muestra en la Figura No. 17), de un motor de combustión interna, para poder llegar a la verificación del modelo.

J. Verificar el modelo propuesto

Para poder proseguir, se verificó el modelo matemático propuesto. Se analizó los resultados obtenidos con los datos teóricos y datos prácticos. De esta manera se pudo observar el desfase que había, con lo que se dará por verificado el modelo. De lo contrario, se procederá a afinar el modelo para obtener un rango aceptable entre el modelo y los datos prácticos. Se acudió a la prueba de significancia F de Fisher, en la cual se plantea la hipótesis: $H_1: \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 \neq 0$; y su hipótesis nula: $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$. Donde β representa a los coeficientes resultantes de la regresión múltiple para cada variable.

K. Aplicar el modelo matemático propuesto

Se concluyó con la aplicación del modelo matemático, en conjunto con el programa de inyección EcoCAL, para poder mejorar la eficiencia volumétrica. El modelo y revisión de teoría sirvió para poder desarrollar un criterio el cual, tomando en cuenta los factores que afectan la eficiencia volumétrica, se utilizó para poder suavizar curvas y tener una combustión mejorada y permitir que el motor se mantenga en estado ralentí. Se hacen pruebas finales para lograr la medición de parámetros y comprobar que se hayan logrado los objetivos. Se pudo comparar el cambio luego de la implementación de los nuevos valores de la eficiencia volumétrica.

Figura 17: Velocidad del motor GXH50 en función del tiempo antes de la aplicación del modelo propuesto

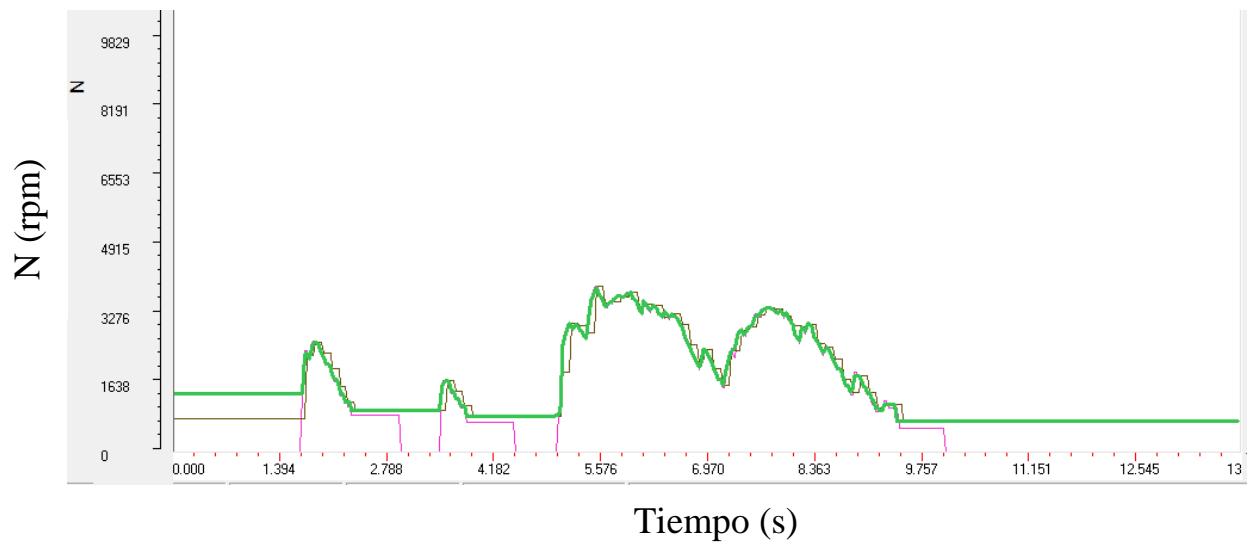
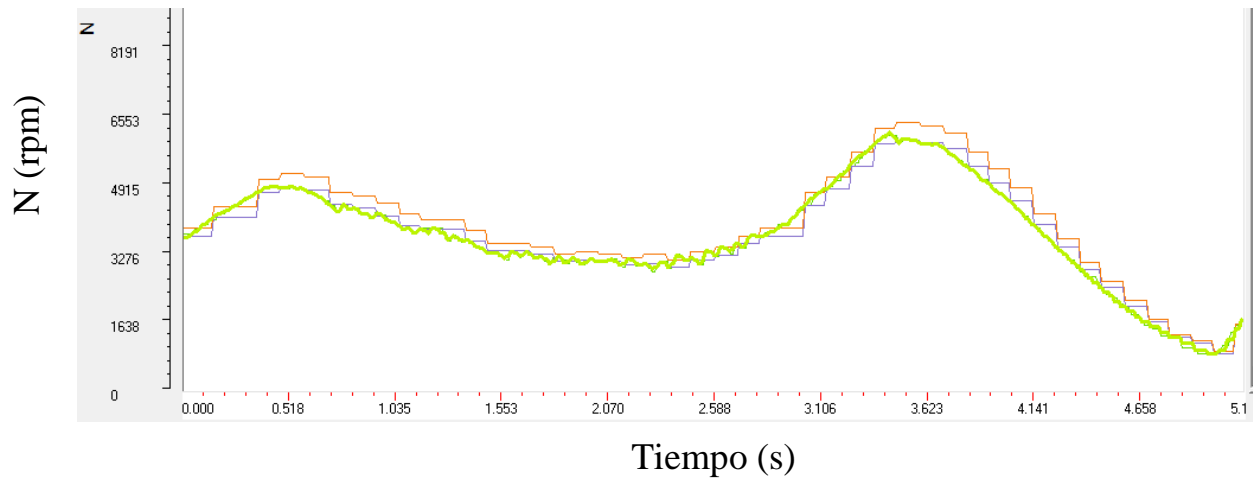


Figura 18: Velocidad del motor GXH50 en función del tiempo después de la aplicación del modelo propuesto.



L. Perfiles de puestos de miembros del equipo

Como herramienta principal para los perfiles de puestos se utiliza el formato para descripción y análisis de puestos desarrollado por el doctor en administración Idalberto Chiavenato en su libro *Administración de Recursos Humanos*. A continuación, se expone el cuadro a utilizar.

Cuadro 3: Modelo para descripción de perfiles de puestos

Descripción de puesto	
Título:	División:
Descripción genérica:	
Descripción del puesto:	
Perfil de puesto	
a) Requisitos principales b) Requisitos físicos c) Responsabilidades adquiridas d) Condiciones de trabajo	

La herramienta se divide en dos partes, siendo la primera una descripción de puesto en donde se especifica la necesidad del puesto, lo que lo distingue de otros y lo que involucra ocupar el mismo. La segunda parte, el perfil de puesto, involucra los requerimientos de la persona a ocupar el puesto. Para poder diseñar cada uno de los puestos se obtiene la información por medio de entrevistas al investigador principal y encargado del equipo Taq Balam. De igual modo, el método de observación de los puntos de mejora es clave para el desarrollo del primer objetivo. No está de más mencionar que los puestos se resumen en un organigrama con motivo de dar una vista general de las partes involucradas en el proyecto; y el proceso de selección de miembro del equipo se condensa en un diagrama de flujo.

M. Proceso de compras

Otro punto del trabajo es concretar por medio de la documentación cuales son los procesos a seguir para la compra de recursos a utilizar para la fabricación del vehículo ultraeficiente y establecer un cronograma que permita conocer el tiempo adecuado para la realización de las diversas operaciones. La principal herramienta utilizada es el diagrama de operaciones y procesos. En esta se presenta el orden que deben seguir las actividades para la solicitud de fondos (anticipo de gastos menores), compras locales (dentro de Guatemala) menores a Q900 y mayores a este monto y las compras externas (fuera de Guatemala). Cada uno de los cuatro diagramas se acompaña de la descripción de cada una de las tareas que los componen. La información para la elaboración de esta documentación se obtiene por medio de entrevistas al investigador principal del equipo Taq Balam y a la asistente del CPI de la Universidad del Valle de Guatemala. De igual manera, se integra el conocimiento adquirido a través de los meses de trabajo y observación de la preparación para la Shell Eco-marathon 2016.

Ahora bien, debido a que los procesos de solicitud de anticipo de gastos menores y compras locales menores a Q.900.00 deben ser realizados dentro de un tiempo establecido, se adiciona un cronograma en el cual se indican las fechas para desarrollo de las actividades. Estos procesos se deben realizar cada mes a lo largo de los meses de trabajo en el proyecto (julio a abril) por lo cual el cronograma toma carácter general. Finalmente se presenta un cuadro del porcentaje de errores administrativos hechos a lo largo de los años de existencia del

proyecto con el fin de poder comparar en el futuro la mejora basada en la existencia de documentación de los procesos.

N. Logística de transporte

Para alcanzar el tercer objetivo específico se detallan las actividades que conforman la logística de transporte del vehículo hacia la competencia, el tiempo para la realización de las mismas y un presupuesto que desglosa los costos que conforman el rubro mencionado. Por esta razón la primera herramienta para trabajar el tema de transporte es el diagrama de operaciones y procesos. Para ello crean tres diagramas siendo el primero uno que de vista sobre las tareas macro que componen a la logística de transporte y luego se presenta un diagrama con las operaciones para la obtención de papeles para la obtención de un permiso de exportación temporal y otro con aquellas para la entrega de documentos necesarios para los trámites con la aduana en Estados Unidos. Luego de cada proceso se incluyen las descripciones de las actividades que los conforman. La información para la elaboración de esta documentación se obtiene a través del investigador principal del equipo Taq Balam y de la empresa de transporte.

Así mismo, se acompañan los procesos con un cronograma para la realización de las actividades. Con el fin de que este tenga un carácter general, no se incluyen fechas específicas, sino que semanas en las que se deben hacer las tareas. De igual forma, antes de las semanas en las que se concreta el transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia, se presentan semanas en las que no hay actividades a realizar y que por lo tanto tienen un carácter de prevenir atrasos por situaciones no previstas y que no se abarcan en este trabajo de graduación. Adicionalmente, en base a la información del costo de transporte en el año 2016, se presenta un presupuesto que describe cada rubro que conforma los gastos de llevar al vehículo hasta la Shell Eco-marathon. Este presupuesto tiene el fin de dar noción de la parte del presupuesto total que debe asignarse al transporte. Los costos totales pueden sufrir cambios futuros por instrucciones de la empresa de transporte.

O. Estudio de mercado para perfiles de entidades copartícipes

El estudio de mercado se utiliza para establecer un perfil general de las factibles entidades copartícipes del proyecto. Este perfil, se genera tomando en cuenta tanto los intereses y comportamiento de consumo de las entidades, como los atributos que ofrece el proyecto a las mismas. Como primer asunto, se define las herramientas a utilizar para el estudio de mercado y la obtención de información del mismo. Esto último con el fin de identificar las necesidades del sector privado en Guatemala y las tendencias de consumo que realizan para satisfacerlas. Para ello, se realiza una encuesta, la cual es repartida de manera digital en 30 diferentes empresas guatemaltecas de diferentes sectores económicos. Específicamente, se desea extraer información relacionada con las actividades de responsabilidad social empresarial, las predilecciones de las mismas respecto a proyectos de inversión y el nivel de interés que poseen las mismas en el desarrollo social e intelectual de

Guatemala. Con los resultados de aludida encuesta, se obtendrá información relevante del sector estudiado y se podrá saber que tan acertada es la propuesta de valor del proyecto Taq Balam para posibles nuevas empresas, tomando en cuenta sus características emprendedoras y sociales. La encuesta repartida se conforma de las siguientes preguntas:

- ¿Está interesada su empresa o la empresa donde usted trabaja, en realizar actividades de ayuda a la sociedad?
- ¿Estaría su empresa interesada en nuevos proyectos para realizar actividades de ayuda social?
- ¿Qué tipo de actividad de ayuda social estaría interesada su empresa en participar?
- ¿Diría que su empresa está interesada en la preservación del medio ambiente?
- ¿Estaría su empresa interesada en invertir en proyectos de creación de nuevas tecnologías aplicables de combustibles alternativos?
- En la estácala de 1 a 5, ¿qué tan interesada está su empresa en apoyar el desarrollo social e intelectual en Guatemala?

Ahora bien, se prosigue realizando un plan de desarrollo de información del producto que ofrece Taq Balam a las empresas aleadas en el proyecto. Es de alta importancia conocer el producto con el mayor detalle posible, para poder definir sus características y los beneficios que el mismo otorga al usuario objetivo. Para ello, se utiliza la herramienta de análisis FODA. Esta herramienta representa un cuadro dividido en cuatro partes, siendo estas una descripción de las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del producto ofrecido a los actuales y potenciales asociados. Cabe mencionar, que el análisis FODA presentado en la sección de resultados, se desarrollará con el aporte de diferentes integrantes del grupo. Esto último con el fin de realizar un así llamado “grupo de enfoque”, y poder presentar la información de la manera más precisa posible.

De igual forma, se ejecuta la herramienta desarrollada por el doctor Alex Osterwalder, el modelo CANVAS, para poder identificar modelos de negocios. La ejecución de esta herramienta como la nombra anteriormente, se verá basada en gran parte en experiencias del equipo, relacionadas con la búsqueda de patrocinadores y la relación con los mismos después de haber conseguido un convenio. A continuación, se expone el cuadro a utilizar.

Cuadro 4: Formato CANVAS

Socios clave	Actividades clave	Propuesta de valor	Relaciones con clientes	Segmentos del cliente
	Recursos clave		Canales	
Estructura de costes		Fuentes de ingresos		

La herramienta se divide en nueve partes, teniendo todas relación entre sí. En la primera división del cuadro, se presentan los socios clave, en donde se especifican todos los organismos que serán útiles en el desarrollo del negocio (socios, proveedores, clientes, etc.). Seguido a esto, en los apartados de actividades y recursos clave, se expone las actividades que hay que realizar para que el negocio funcione y todos los recursos tanto tangibles como no tangibles a utilizar para lograrlo. Esta sección, se desarrollará en base a la experiencia de los integrantes del grupo. En la propuesta de valor, que se generará en el capítulo de resultados, se explica el valor agregado que obtendrán los clientes a través del producto. En el rubro que identifica la relación con los clientes, se especifica los recursos de tiempo y monetarios a utilizar para mantenerse en contacto con los clientes. Ahora bien, la división de canales, se encarga de explicar la manera que se mantendrá contacto con los clientes, tomando en cuenta factores como información pertinente a la compra, entrega y postventa del producto. En el cuadro de segmentos del cliente, se busca agrupar a los clientes con características homogéneas en segmentos definidos para luego poder describir sus necesidades. Por último, en los apartados de estructura de costes y fuentes de ingreso, se detalla todos los costos que se presentan en las actividades de la empresa y las aportaciones monetarias que hace cada grupo y de donde vienen los ingresos.

Habiendo realizado lo anterior, será posible ilustrar en un cuadro la información perteneciente a un perfil de una potencial entidad coparticipante en el proyecto Taq Balam. Nombrado cuadro, toma en cuenta información tanto demográfica, psicográfica, información de comportamiento y la reacción hacia la publicidad que posee la empresa en su estado actual. Dicha herramienta se deja ilustrar en el siguiente cuadro:

Cuadro 5: Formato de perfil de entidad copartícipe de proyecto Taq Balam

Perfil entidades copartícipes Taq Balam
<i>Características demográficas</i>
<u>Características geográficas y sociales</u>
Ubicación de la compañía:
Tipo de Industria:
Número de empleados:
<i>Características psicográficas</i>
<u>Lo que el cliente piensa y siente (Actitudes y creencias)</u>
Actualizados con la tecnología:
Interés en involucramiento social:
Detalles de su responsabilidad ambiental:
Proyectos de responsabilidad social empresarial:
Son innovadores y creativos:
<i>Perfil de comportamiento</i>
<u>Lo que el cliente hace, sus razones de participación</u>
Beneficios buscados:
Razón de alianza:
Frecuencia de aporte:
<i>Reacción hacia la publicidad</i>
<u>Información para definir el acercamiento con la empresa</u>
Tipos de relaciones y alianzas de responsabilidad social empresarial:
En donde se encuentra dentro de su ciclo de negocio:
Estilo del negocio:

P. Plan de comunicación

Para alcanzar el cuarto objetivo, se realiza la elaboración de un plan de comunicación del equipo Taq Balam. Este último se verá conformado por distintas actividades, las cuales en conjunto servirán para conseguir un impacto tanto social como mediático nunca antes alcanzado. Específicamente, se pretende crear un formato de ejecución para los cinco tipos de actividades establecidas con el investigador principal, el Ing. José Andrés Hernández.

Puntualmente, se detalla en términos generales, el procedimiento de ejecución de cada uno de los tipos de las actividades conformantes de aludido plan, diferenciándolas en las categorías de: 1. Evento de marca de patrocinadores, 2. Visita a una institución educativa, 3. Evento de exposición social en el programa “Pasos y Pedales”, 4. Exposición del proyecto en la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central y 5. Entrevista en medios de comunicación. Si bien es cierto, las futuras actividades del proyecto pueden diferir a lo planteado, la siguiente información ejercerá como guía de procedimiento de planeación y ejecución para cualquier actividad que se permita catalogar en las categorías previamente nombradas. Es importante destacar, que los tiempos estimados de cada tarea pueden variar según el evento. Así mismo, los ilustrados en la sección de resultados, se presentan como una recomendación de administración de tiempo, para poder trabajar con suficiente antelación y obtener resultados más satisfactorios en cada actividad a ejecutar.

Para definir el plan de comunicación y adjuntar todas las actividades anteriormente expuestas que lo componen, se hará útil las herramientas tales como: diagrama Gantt, diagrama PERT y gráfica del proceso operativo. Específicamente, se aprecia altamente provechoso entablar una relación entre los diagramas PERT y los diagramas de operaciones. Esto último, ya que ambas herramientas se dejan complementar muy bien, explotando la exposición gráfica de los diagramas de operaciones y aprovechando la especificación de los diagramas PERT. Por eso mismo, todas las actividades pertenecientes a cada uno de los diagramas de operaciones expuestos en los resultados, se verán desarrolladas en detalle en los diagramas PERT. A continuación, se presenta la plataforma de alguna de las herramientas anteriormente listadas.

Cuadro 6: Formato de diagrama PERT

Tipo de actividad:				
Actividad:				
Lugar de ejecución:				
Tarea	Descripción	Precedente	Responsable	Duración
A.				
B.				
C.				
D.				
E				
			Duración TOTAL:	

La tabla expuesta de manera previa, representa el formato a utilizar de la herramienta diagrama de PERT. Esta última se divide en cuatro fragmentos. En la primera columna, se especifica cada tarea, registrando estas en un orden cronológico. Así mismo, en la columna subsiguiente se ilustra una breve información

descriptiva de cada una de las tareas. Esto es altamente provechoso, ya que permite especificar de cada tarea el proceso de operación, lugar de ejecución, etc. Así mismo, la herramienta permite pronunciar las actividades previas necesarias para poder ejecutar la tarea en la columna de “precedente”. Con base a experiencias pasadas en el equipo, se encuentra altamente conveniente presentar una columna donde se evidencia el responsable de la actividad. Por último, en la columna terminal, se detalla el tiempo de duración de cada actividad correspondiente a la operación, lo cual sirve para poder estimar un tiempo total de ejecución.

Por último, en lo que se refiere al plan de comunicación, se hará presente en el siguiente capítulo, un formato de la información relevante que debe de incluir el reporte anual post competencia para todas las entidades coparticipes. Esto último se presenta como forma de índice, detallando en los rubros que debe de ocupar el contenido. Cabe mencionar que, en el capítulo de anexos, se adjunta el informe para patrocinadores realizado en la temporada 2015-2016.

Q. Procesos administrativos de preparación, inscripción e inspecciones técnicas de Eco-marathon

Discutiendo ahora la metodología a emplear en el área de los procesos administrativos de preparación en Guatemala, de inscripción del equipo en la competencia y a la obtención del certificado de la inspección técnica, se presenta lo siguiente. Como punto de partida, se pretende desarrollar un diagrama Gantt con todas las áreas generales del equipo. Esta herramienta, servirá para establecer las fechas límite de cada una de las actividades de cada miembro, respetando siempre la fecha de entrega del vehículo establecida con la naviera que realizará el transporte del mismo a la competencia. La naturaleza del presente diagrama será general, para que el mismo pueda ser aplicado en las siguientes etapas del proyecto.

De igual forma, se verá efectuado un cronograma referente a las fechas de las diferentes etapas de inscripción en la Shell Eco-marathon. En este punto, necesario es de mencionar que se busca efectuar aludido cronograma con una idiosincrasia general. Esto quiere decir, que se pretende que aludida herramienta pueda ser aplicada para diferentes fases del proyecto en los siguientes años. Es por eso, que no se limita el alcance del instrumento, al no detallar fechas específicas. Lo anterior se deja realizar, ya que las fechas de las etapas de inscripción son muy similares todos los años y en el peor de los casos varían por unos pocos días. A causa de eso, el cronograma a presentar, se especifica en semanas.

Posteriormente, se desea identificar el proceso que se debe de llevar a cabo para aprobar las 3 diferentes etapas de la inscripción del equipo Taq Balam en la competencia Shell Eco marathon. Sumándole a esto una descripción de información necesaria en cada una de las mismas. Para ello se emplea la herramienta de diagramas de operaciones. A esta, le sigue en contenido, una descripción de cada una de las operaciones a

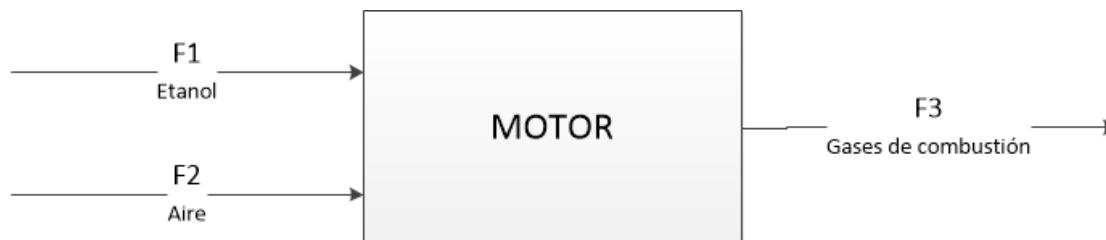
realizar. Ahora bien, aludido proceso, se reitera para las obligaciones que representa obtener el certificado de aprobación de las inspecciones técnicas de la competencia. Cabe mencionar que la aprobación de cada una de aludidas inspecciones técnicas son inapelables y obligatorias para poder competir en la pista del certamen.

Para ello, se expone una descripción detallada de cada una de los diez exámenes que representa la inspección técnica. Por último, se hará útil la herramienta de hojas de control, la cual detalla con grandiosa exactitud todas las comprobaciones que realiza la Shell Eco-marathon en las inspecciones técnicas. Cabe mencionar, que aludida información no se presenta en ningún documento de la competencia, por lo que será altamente provechoso para las siguientes fases de Taq Balam. En efecto, la información recopilada referente a nombrada hoja de registro, fue obtenida y documentada de la experiencia del equipo Taq Balam en la competencia 2016. Así mismo, aludida hoja de control se presente en idioma inglés, por estrictos motivos de terminologías. Se contempló como conveniente no realizar una traducción de aludida información al idioma español, para no caer en errores de interpretación a causa de los términos técnicos que se emplean.

VII. RESULTADOS

A. Arranque en frío

Cuadro 7: Balance de materia del motor



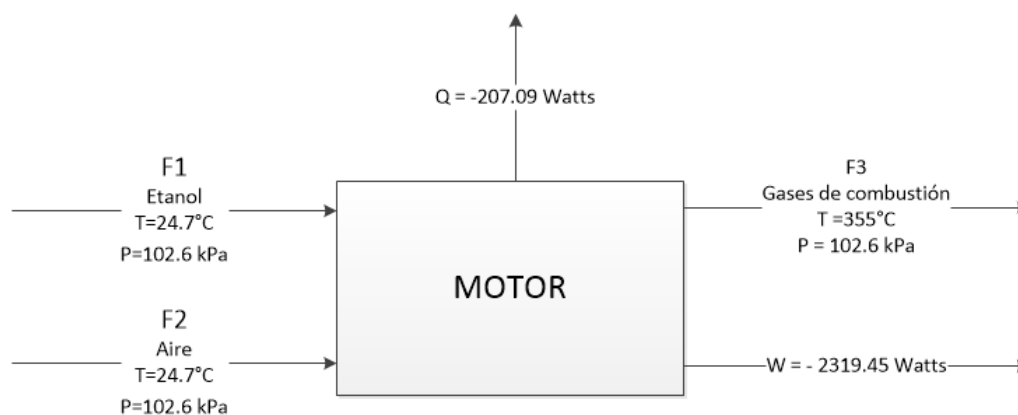
No. Flujo	Especie	Entrada (moles)
F1	C ₂ H ₆ O (Etanol)	0.221
F2	N ₂	2.448
	O ₂	0.651

No. Flujo	Especie	Salida (moles)
F3	C ₂ H ₆ O	0.162
	N ₂	2.447
	O ₂	0.453
	CO ₂	0.118
	CO	0.020
	NO _x	1.08x10 ⁻⁵
	H ₂ O	0.207

Porcentaje de conversión de etanol	26.6%
Requerimiento de etanol (g/min)	10.2
Relación aire/combustible	8.85
Temperatura de operación (°C)	24.7
Presión atmosférica (kPa)	-106

Nota: Balance de masa utilizando mediciones al momento de tener el motor estable y antes de modificar el ángulo de retraso de chispa. NO y NO₂ se calcularon juntos como NO_x por tener concentraciones similares y bajas. La base de cálculo fueron 100 gramos de gases de combustión y el tiempo de corrida de 1 minuto. El análisis de gases de combustión se hizo con un Bacharach con base keroseno.

Cuadro 8: Balance de energía del motor



ΔH (W)	Q (W)	W (W)
-2,526.53	-207.09	-2,319.45

Nota: Asumiendo pérdidas de calor por convección únicamente. Base de cálculo 1 minuto.

Cuadro 9: Ángulo de retraso de chispa

Ángulo de retraso de chispa	-20°
Porcentaje de conversión de etanol	67%

Nota: El nombre de la variable que se modifica en el software EcoCal es VAL_dlgaGap2TdcAdj. Este fue el ángulo que dio el mejor rendimiento en tiempo y funcionamiento del motor.

Cuadro 10: Balance de materia modificando ángulo de retraso

Especie	Entrada (moles)	Salida (moles)
C ₂ H ₆ O	0.158	0.052
N ₂	2.539	2.539
O ₂	0.675	0.359
CO ₂	0	0.205
CO	0	0.009
NO _x	0	0.00001
H ₂ O	0	0.320

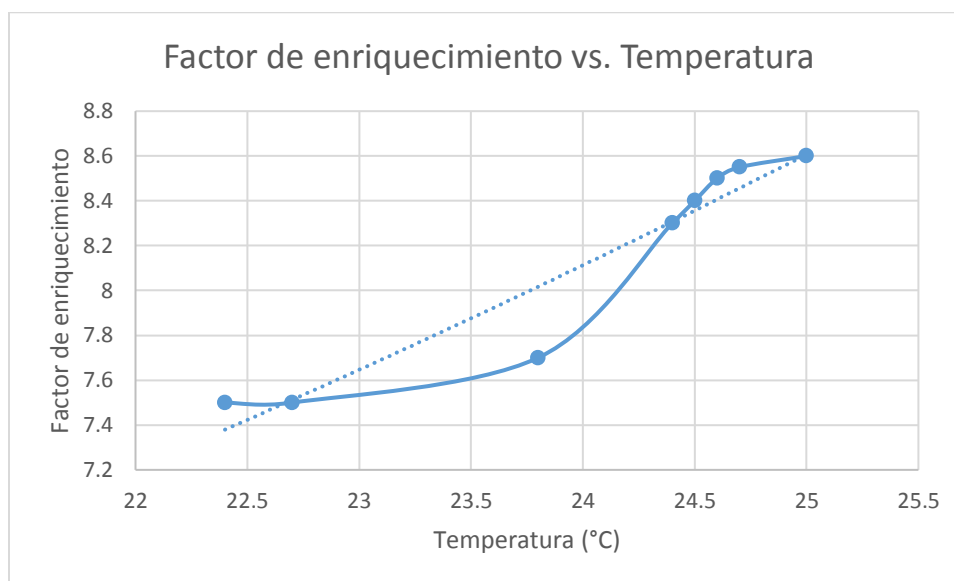
Nota: Balance de masa utilizando mediciones al momento de tener el motor estable y antes de modificar el ángulo de retraso de chispa. NO y NO₂ se calcularon juntos como NO_x por tener concentraciones similares y bajas. La base de cálculo fueron 100 gramos de gases de combustión y el tiempo de corrida de 1 minuto.

Cuadro 11: Balance de energía modificando el ángulo de retraso

ΔH (W)	Q (W)	W (W)
-2,634.26	-202.30	-2,431.96

Nota: Asumiendo pérdidas de calor por convección únicamente. Base de cálculo 1 minuto.

Figura 19: Correlación entre factor de enriquecimiento y temperatura antes del arranque



Temperatura (°C)	22.4	22.7	23.8	24.4	24.5	24.6	24.7	25
Factor de enriquecimiento	7.5	7.5	7.7	8.3	8.4	8.5	8.55	8.6
Modelo sugerido	$y = 1.9593e^{0.0592x}$							
R ²	0.9137							

Nota: y = factor de enriquecimiento durante el arranque en frío; x = temperatura del motor en grados Celsius. Todas las mediciones se realizaron entre 8:00 am y 9:00 am con el mismo termómetro. Modelo solo válido para temperaturas entre 22.4 y 25 grados Celsius y una presión barométrica de 102.6 kPa.

B. Eficiencia Volumétrica

Cuadro 12: Resultados de los coeficientes para el modelo de la regresión múltiple de los parámetros

	Coeficientes	Error típico
Intercepción	3.20	1.28634386
Velocidad del motor en radianes por segundo	-1.22E-05	0.00030919
Avance de Chispa - SPARK	0.06	0.00483482
Relación Aire Combustible - LamWO2	0	0
Masa de Aire	58.91	24.1748668

Nota: Resultando en la ecuación $y = 3.1966 + 58.9119 \cdot X_1 + (1.2237 \cdot 10^{-5})X_2 + 0.0556X_3$, donde X_1 es masa de aire (g/s), X_2 es la velocidad del motor (rad/s) y X_3 es el avance de chispa (grados).

Cuadro 13: Resultados de la varianza de la regresión múltiple

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	266.961707	66.7404268	378.556253	5.6011E-82
Residuos	165	29.0899182	0.17630253		
Total	169	296.051625			

Cuadro 14: Resultados de la estadística de la regresión múltiple

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.94960012
Coefficiente de determinación R ²	0.90174039
R ² ajustado	0.89935834
Error típico	0.41988395
Observaciones	170

Nota: Resultado de coeficiente de determinación R² aceptable según Norusis (1993), para datos experimentales.

Figura 20: Gráfico de residuales del ángulo de retraso de la chispa

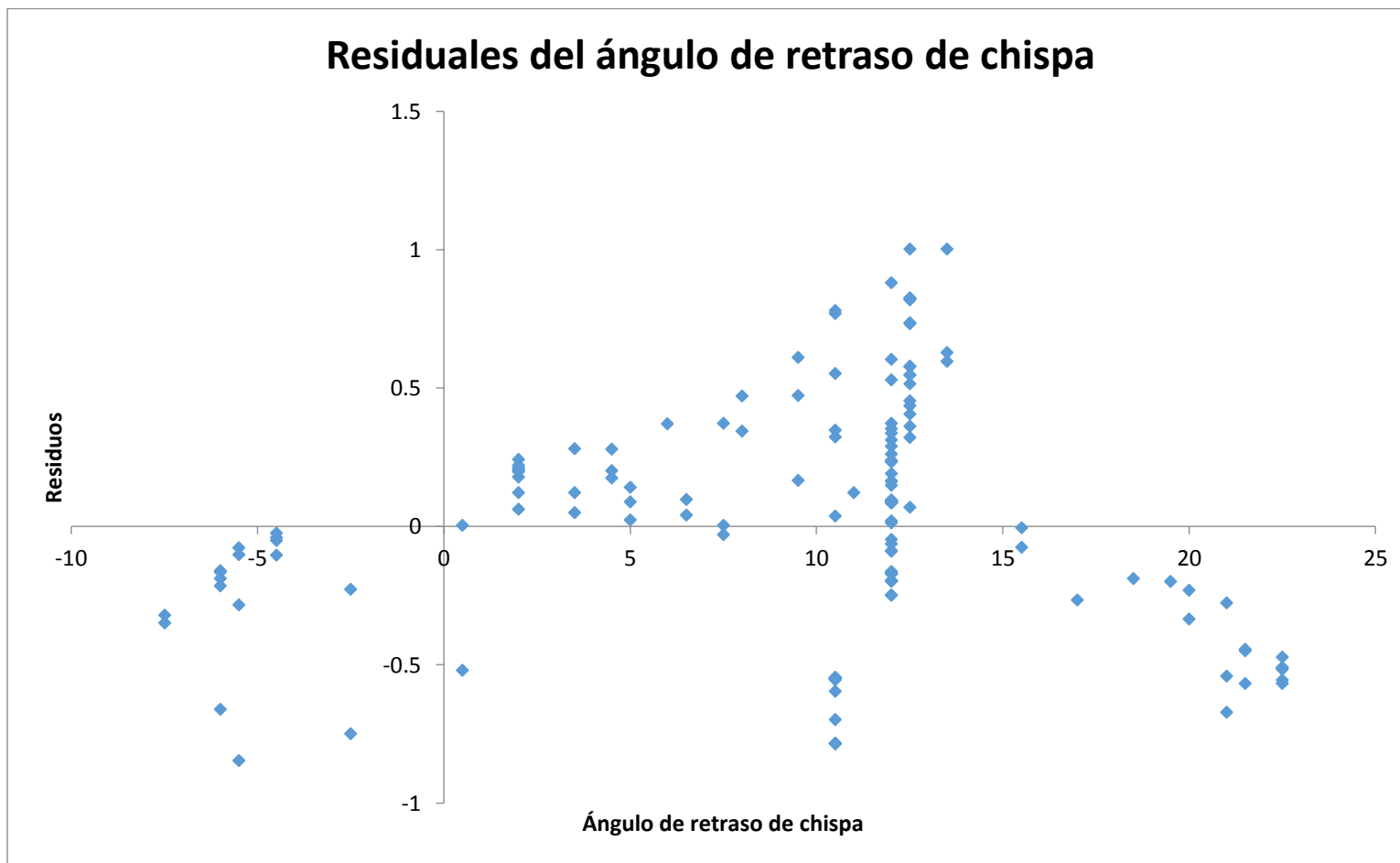


Figura 21: Gráfico de residuales aire combustible (A/F)

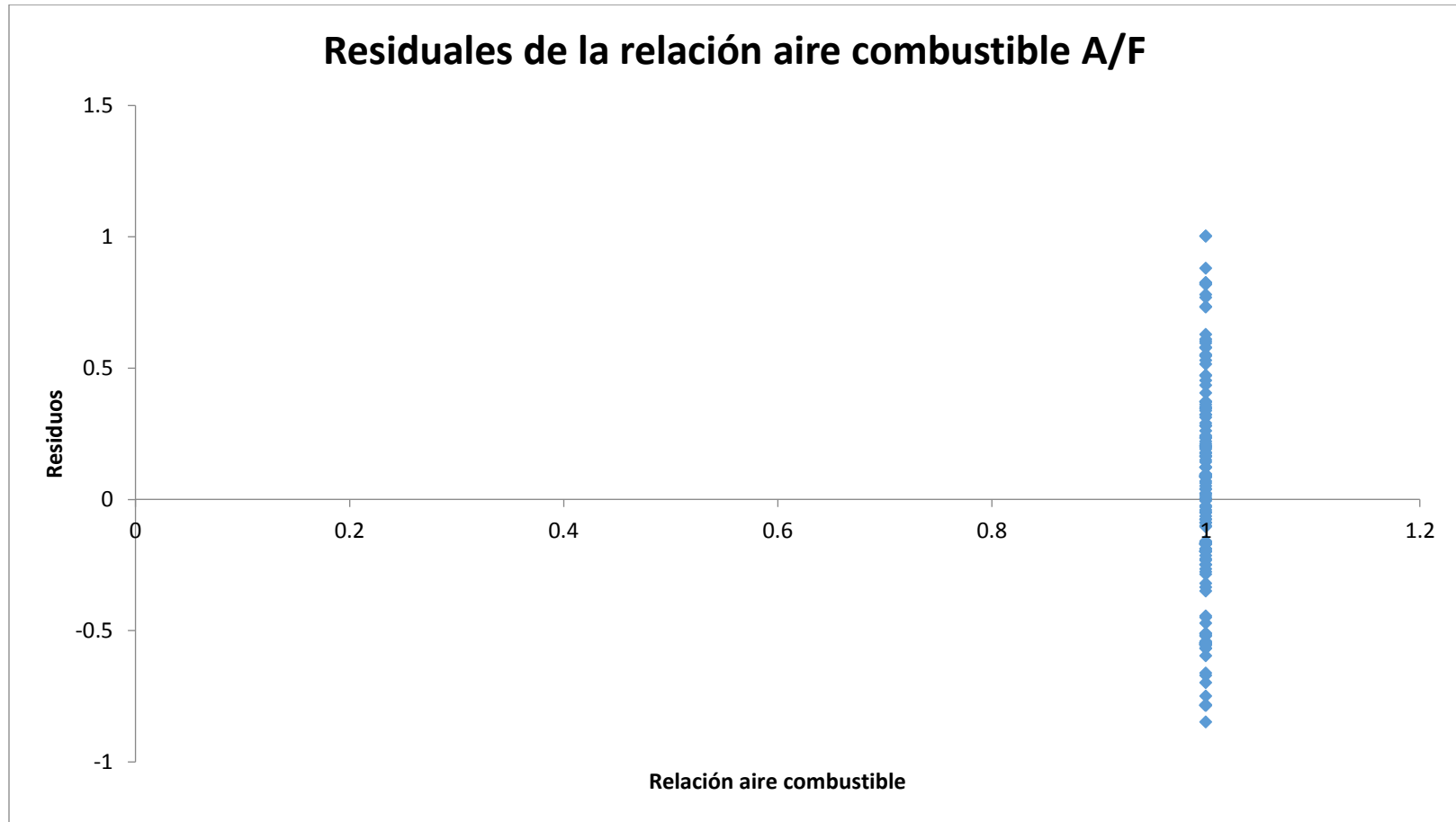


Figura 22: Gráfico de residuales de la masa de aire

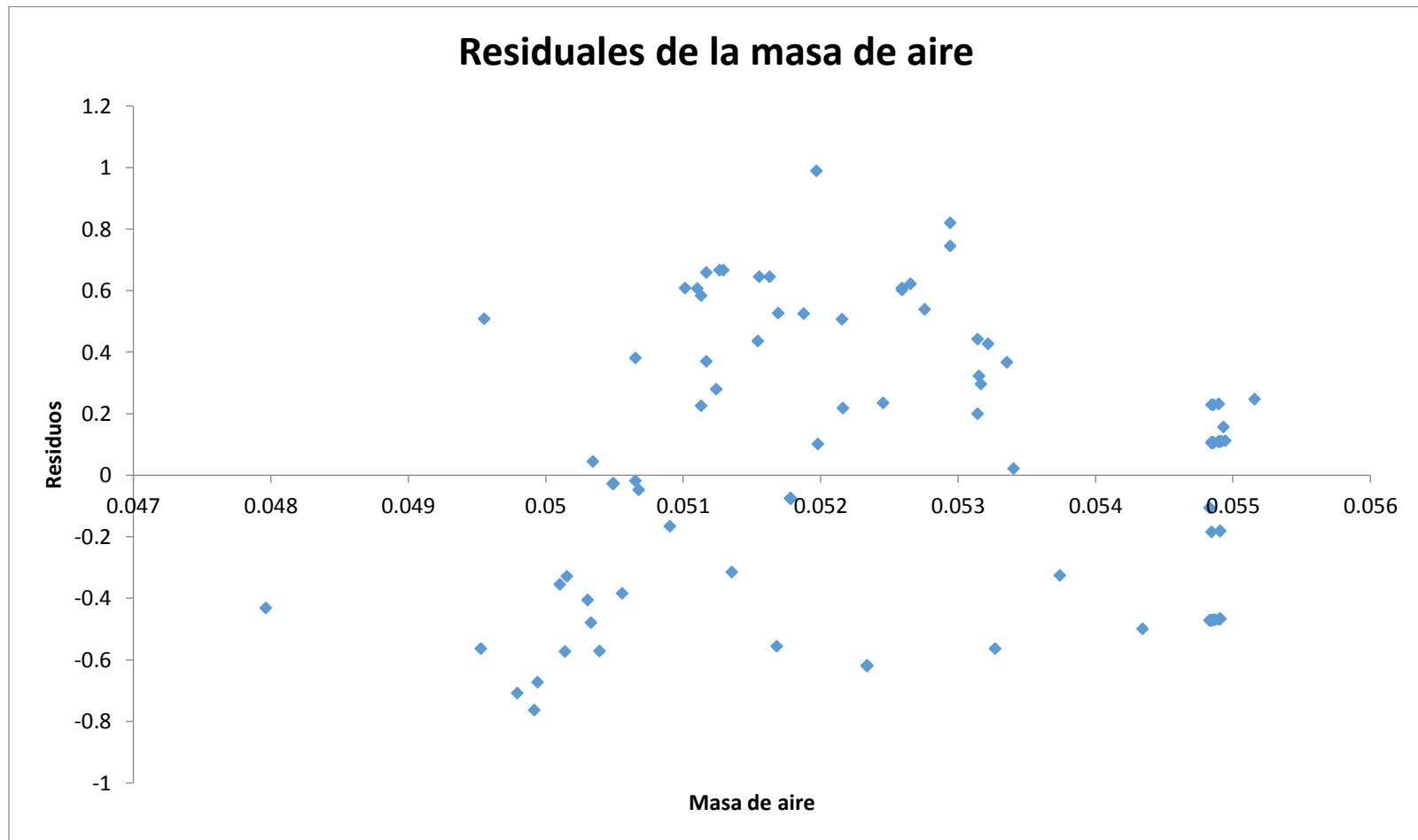


Figura 23: Gráfico de curva de residuales de la velocidad del motor (Rad/s)

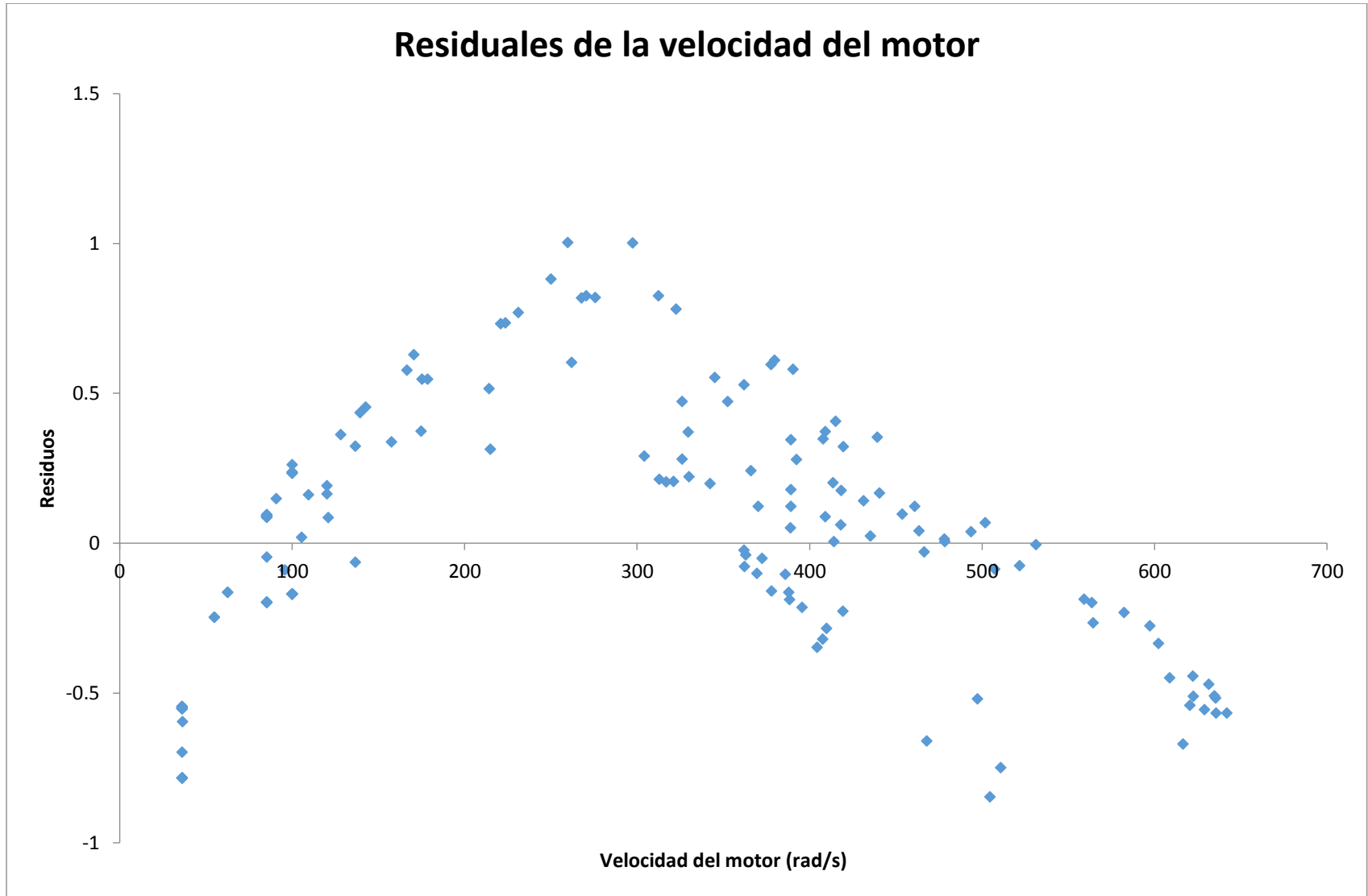


Figura 24: Gráfico de curva de residuales ajustados del ángulo de retraso de la chispa

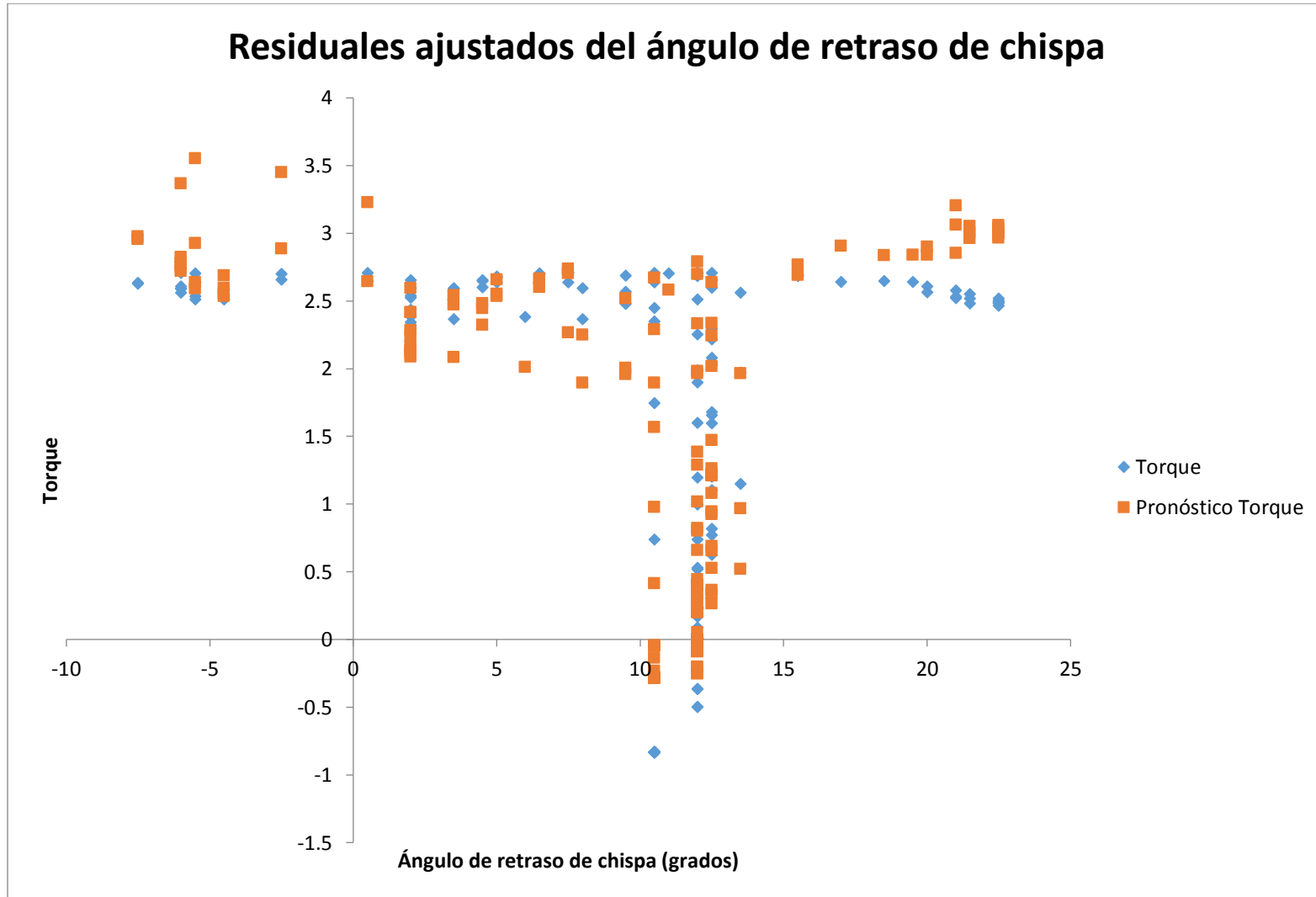


Figura 25: Gráfico de curva de residuales ajustados aire combustible (A/F)

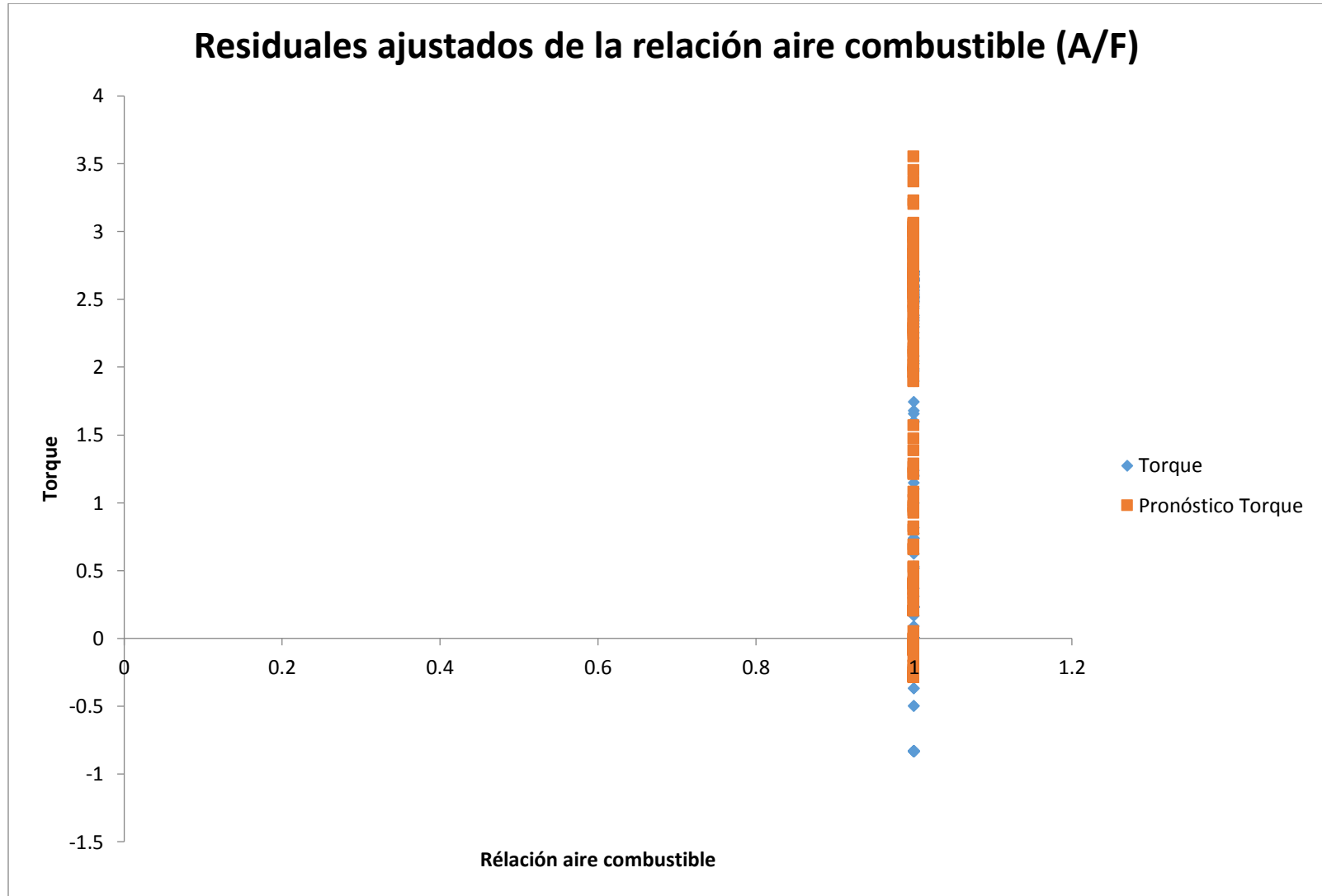


Figura 26: Gráfico de curva de residuales ajustados de la masa de aire

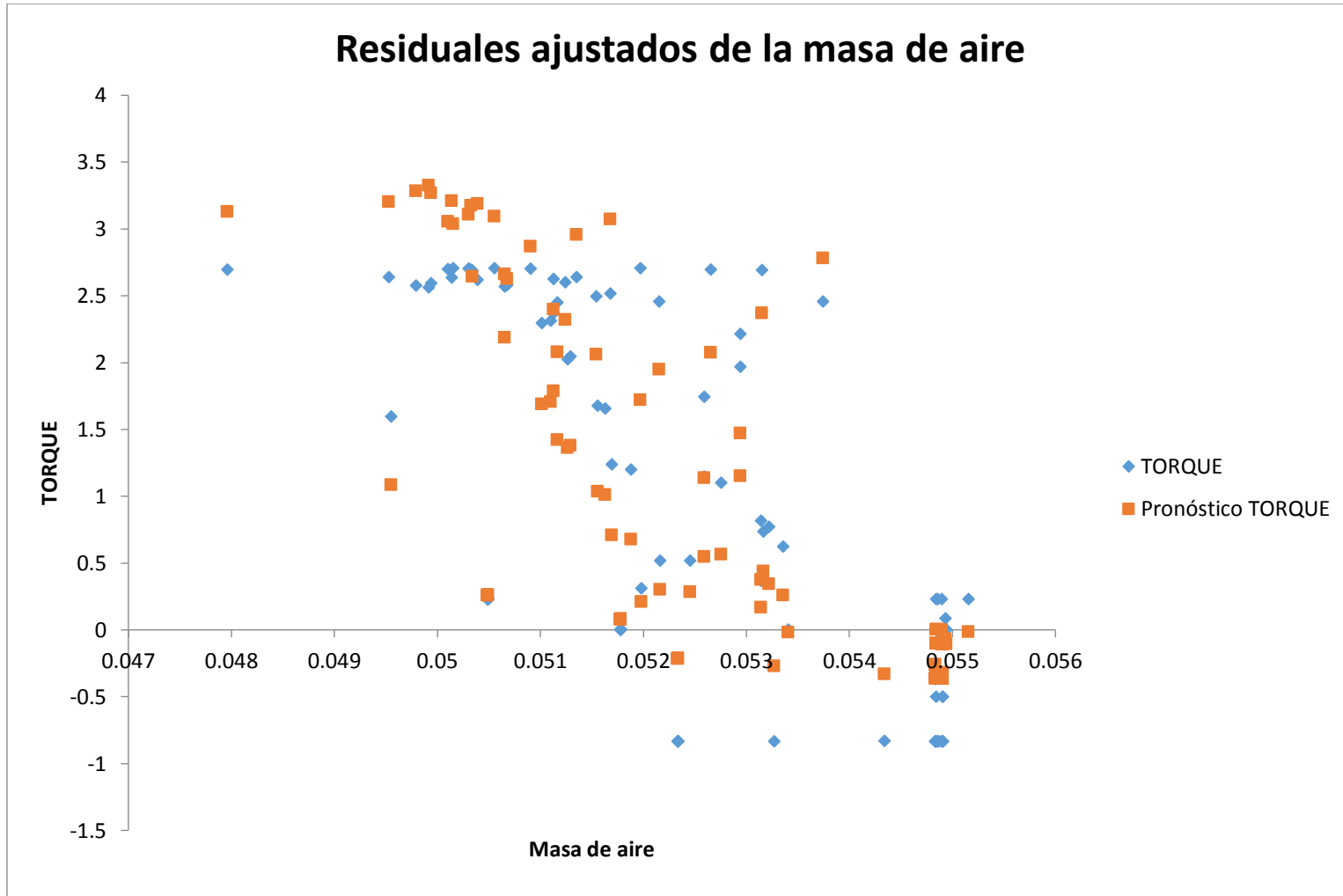


Figura 27: Gráfico de curva de residuales ajustados de la velocidad del motor (Rad/s)

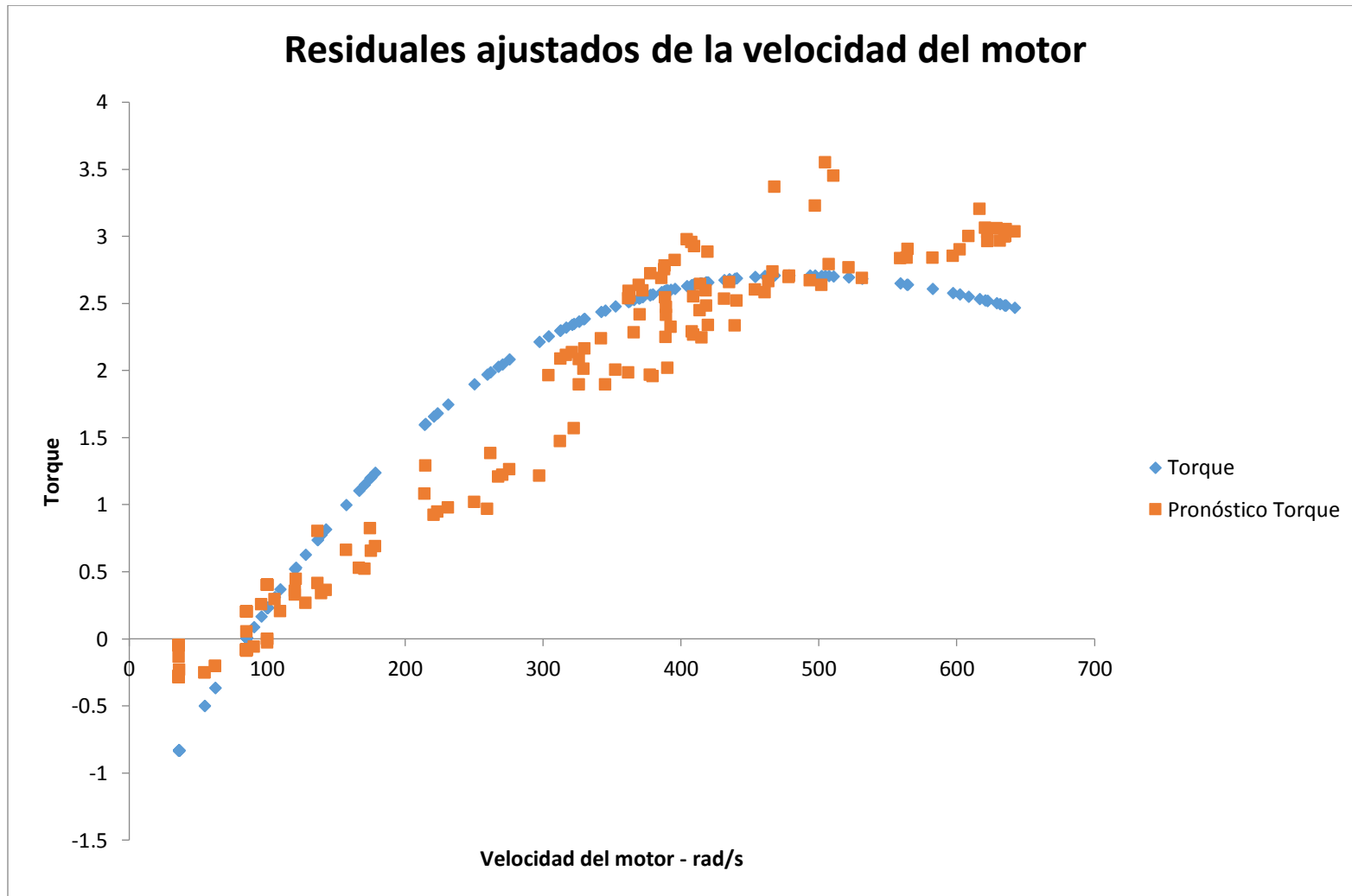


Figura 28: Implementación de la ecuación del torque en el modelo de Simulink

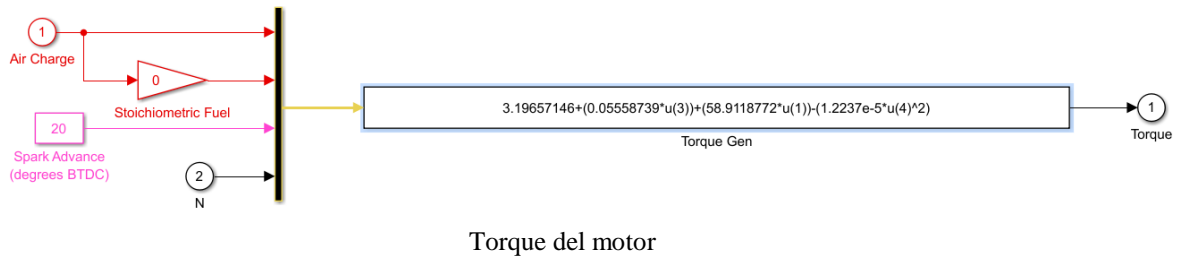


Figura 29: Masa de aire en el pistón desplegado por el modelo al agregar la ecuación

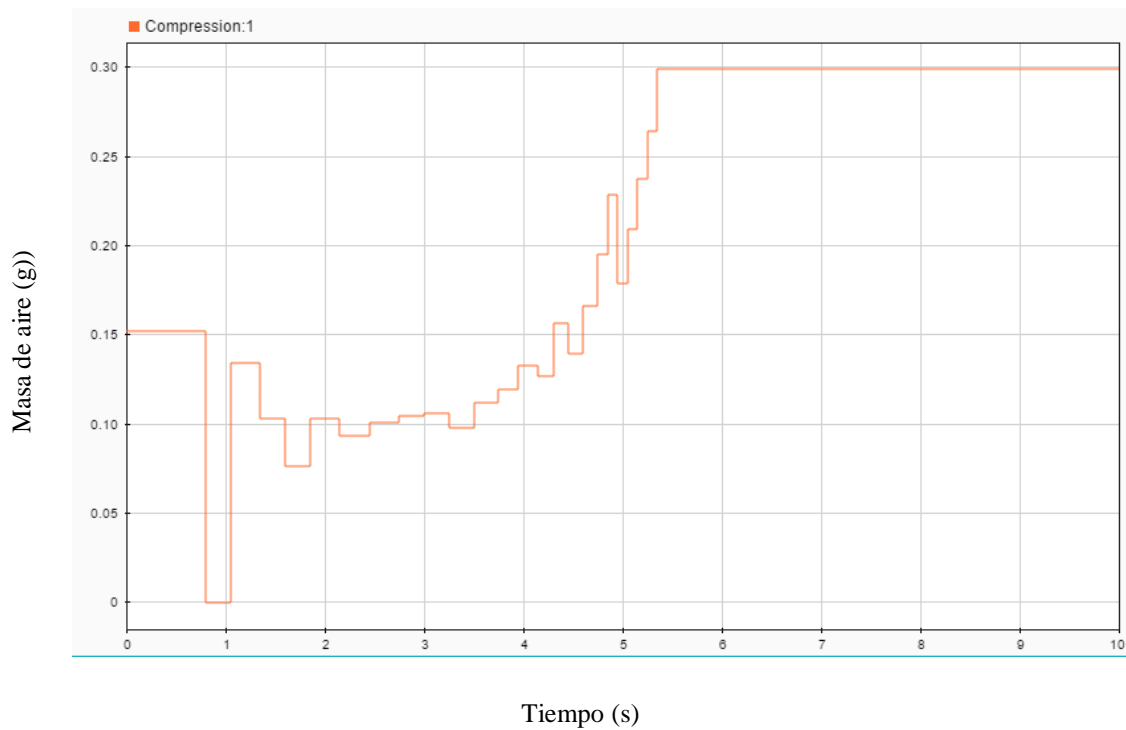


Figura 30: Gráfico de la combustión desplegado por el modelo al agregar la ecuación

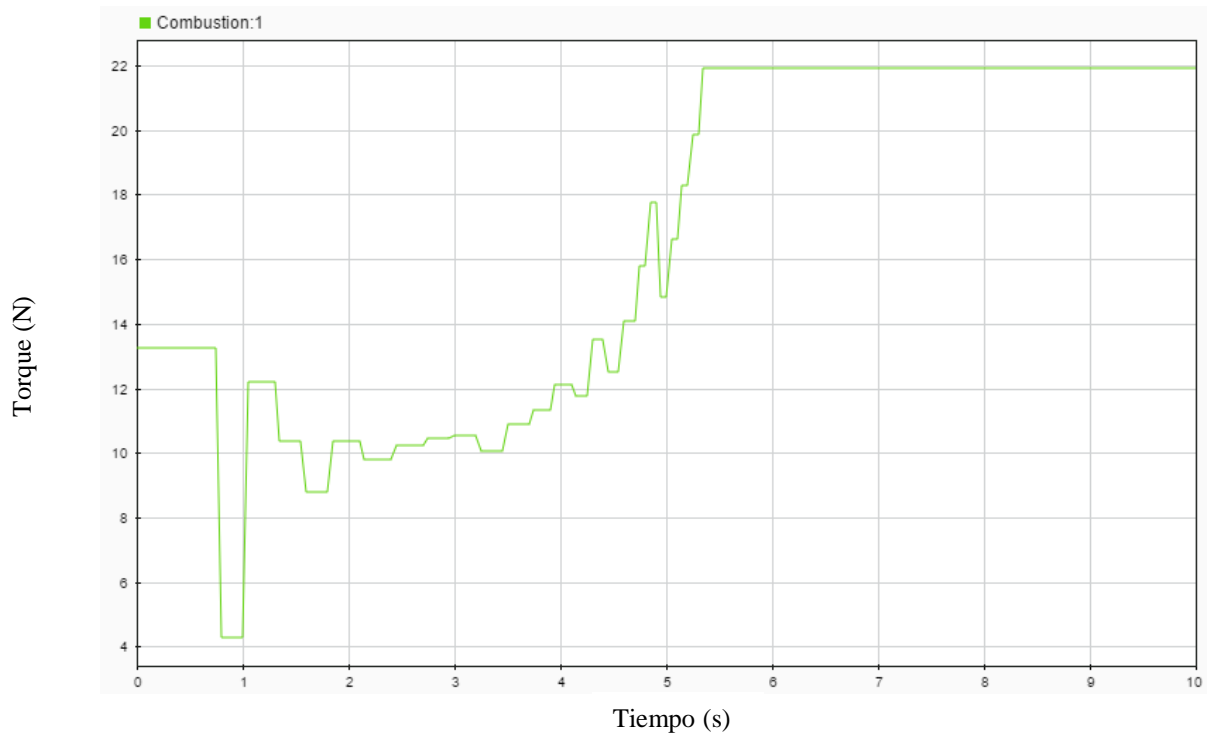


Figura 31: Gráfico del cambio en la aceleración desplegado por el modelo al agregar la ecuación

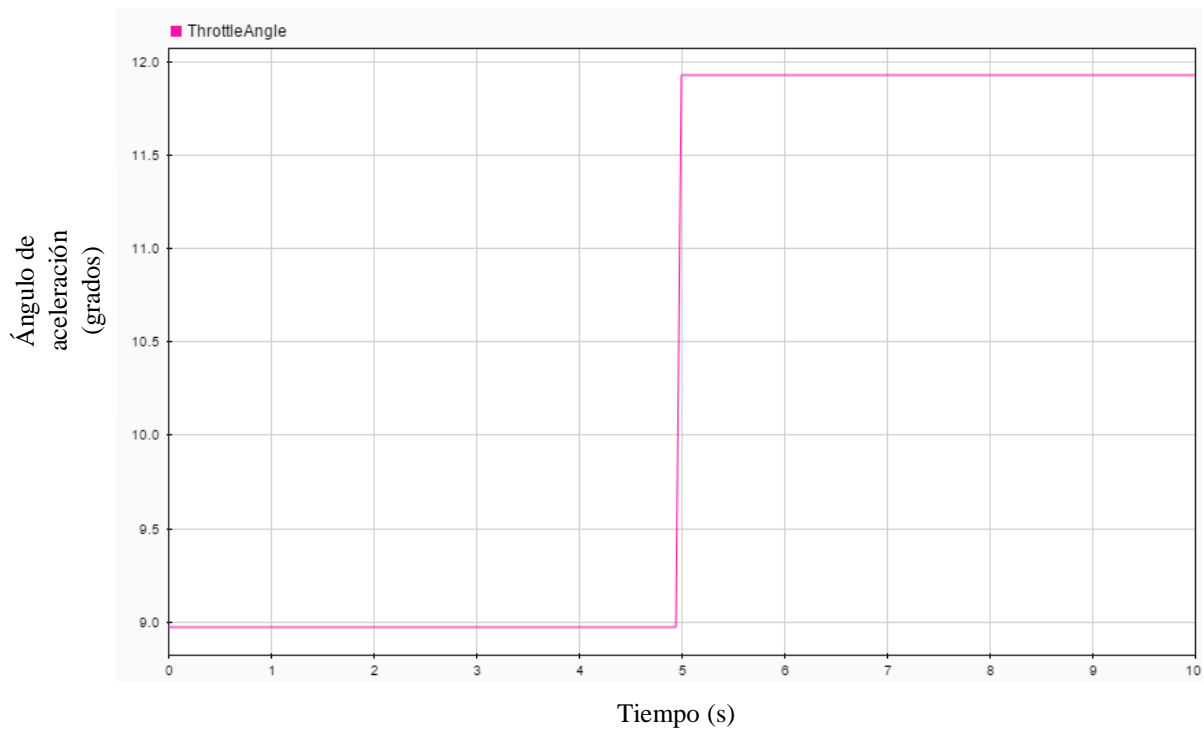


Figura 32: Gráfico de la velocidad del motor desplegado por el modelo al agregar la ecuación

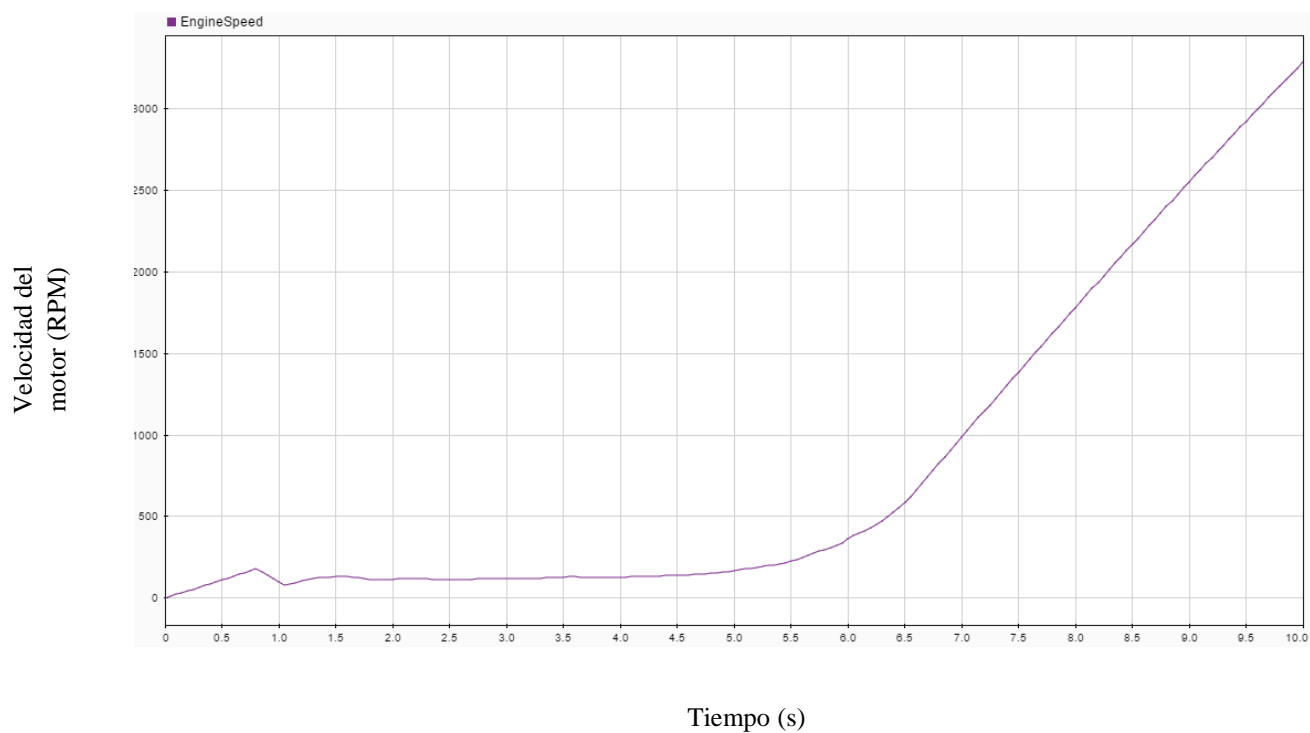
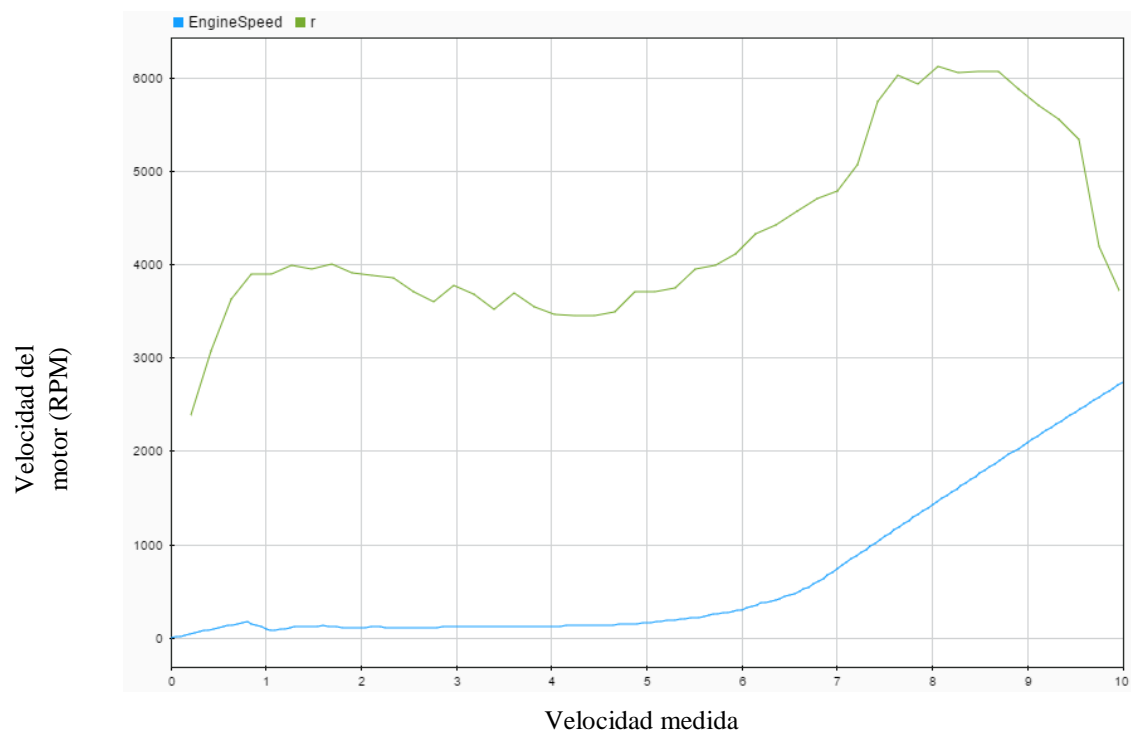


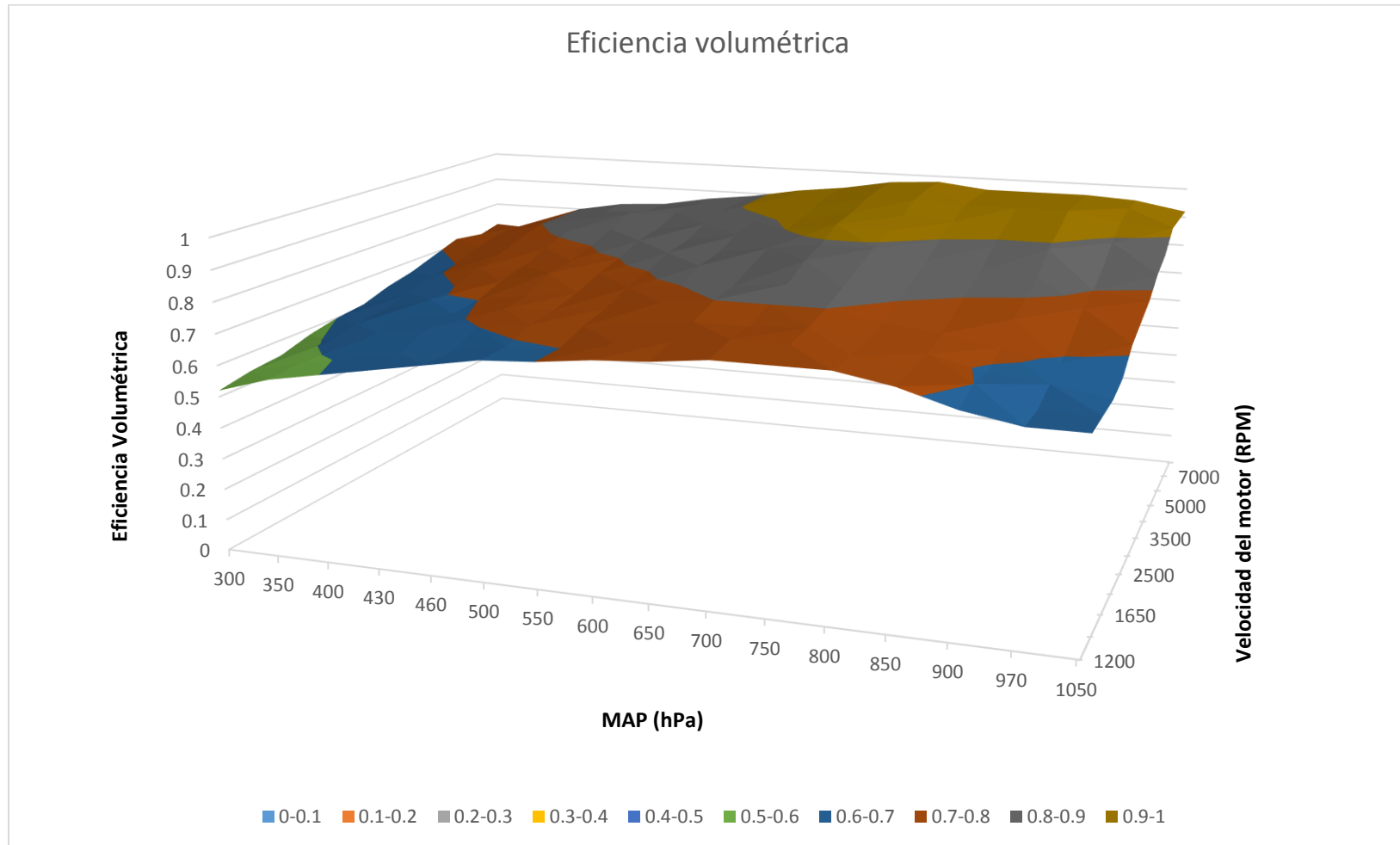
Figura 33: Gráfico de la velocidad del motor del simulador y datos medidos con EcoCAL



Cuadro 15: Resultados numéricos de los valores numéricos de la eficiencia volumétrica

MAP (hPa)/N (RPM)	300	350	400	430	460	500	550	600	650	700	750	800	850	900	970	1050
1200	0.52	0.57	0.6	0.63	0.66	0.69	0.7	0.72	0.73	0.75	0.75	0.75	0.72	0.67	0.64	0.64
1400	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.7	0.73	0.75	0.77	0.77	0.75	0.72	0.7	0.64	0.64
1650	0.55	0.61	0.65	0.68	0.7	0.72	0.73	0.75	0.77	0.77	0.78	0.75	0.73	0.69	0.67	0.64
2000	0.58	0.63	0.66	0.69	0.72	0.73	0.75	0.78	0.8	0.8	0.8	0.77	0.75	0.72	0.69	0.66
2500	0.6	0.64	0.69	0.7	0.73	0.75	0.78	0.8	0.81	0.83	0.83	0.8	0.78	0.77	0.73	0.72
3000	0.61	0.66	0.7	0.73	0.77	0.78	0.8	0.83	0.84	0.87	0.86	0.83	0.81	0.8	0.78	0.75
3500	0.64	0.69	0.73	0.75	0.78	0.8	0.83	0.84	0.87	0.89	0.89	0.86	0.84	0.83	0.8	0.78
4000	0.66	0.7	0.75	0.78	0.8	0.83	0.84	0.87	0.9	0.93	0.92	0.9	0.89	0.89	0.84	0.83
5000	0.69	0.73	0.78	0.81	0.83	0.84	0.87	0.89	0.91	0.94	0.94	0.93	0.92	0.92	0.89	0.86
6000	0.72	0.75	0.8	0.83	0.86	0.87	0.89	0.91	0.93	0.96	0.97	0.96	0.96	0.96	0.93	0.92
7000	0.7	0.75	0.8	0.83	0.84	0.87	0.89	0.92	0.94	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.95	0.92
8000	0.72	0.7	0.8	0.83	0.84	0.87	0.89	0.92	0.94	0.97	0.98	0.96	0.96	0.96	0.95	0.92

Figura 34: Resultado de eficiencia volumétrica

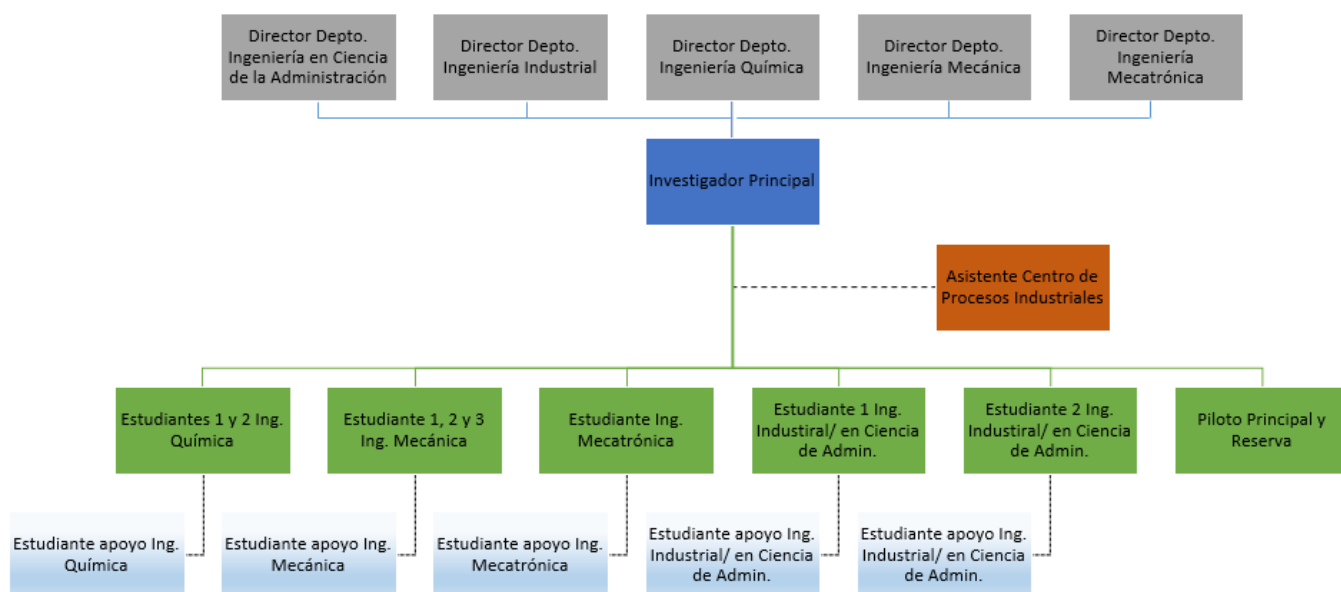


Nota: Mediciones realizadas a condiciones estándar.

C. Organigrama y proceso de selección del equipo

Se presenta el organigrama del equipo Taq Balam para ofrecer una vista general a la organización del mismo. También se presenta el procedimiento a seguir para la selección ideal del equipo de trabajo y se compara con el procedimiento actual.

Figura 35: Organigrama equipo Taq Balam



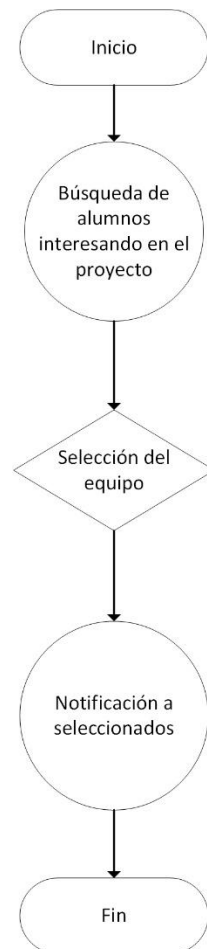
Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

En la figura anterior se observa el ordenamiento jerárquico que tiene el equipo Taq Balam. Ahora bien, es necesario mencionar que el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala es el principal encargado de las actividades que realiza el equipo Taq Balam; de manera indirecta se involucran los departamentos de Ingeniería Industrial, en Ciencia de la Administración, Mecánica y Mecatrónica. El primero asigna a un investigador principal quien es responsable de consolidar el equipo y supervisar el trabajo de los alumnos involucrados con ayuda de la asistente del Centro de Procesos Industriales. La necesidad de inclusión de estudiantes asistentes queda a discreción del Investigador Principal. En este trabajo, el enfoque es exclusivo de los puestos clave de estudiantes.

La tarea de los estudiantes de apoyo es brindar soporte sobre las tareas que los estudiantes de puestos principales deban realizar. Su inclusión puede ser durante todos los meses de trabajo del equipo (julio a abril) o por un determinado tiempo.

Figura 36: Diagrama de flujo actual para selección de miembros del equipo Taq Balam

Diagrama No.	1
Método:	Actual
Descripción:	Proceso para la selección de un nuevo equipo Taq Balam.
Fecha de realización:	10 de agosto de 2016



Tipo de actividad	Cantidad
Operación:	2
Decisión:	1
Total:	3

Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Como complemento al diagrama del actual proceder para la selección del equipo Taq Balam, se da una descripción de las tareas que lo conforman.

- Búsqueda de alumnos interesados en el proyecto: el investigador principal a partir de mayo inicia la búsqueda de nuevos alumnos para conformar el equipo Taq Balam. Se buscan estudiantes que muestren interés en desarrollar el vehículo ultraeficiente y trabajar en él. De igual manera, se aceptan sugerencias los estudiantes sobre posibles miembros.
- Selección del equipo: con las opciones encontradas por el investigador principal, se seleccionan las personas a formar el nuevo equipo Taq Balam. Esta actividad culmina entre los meses de junio y julio.
- Notificación a seleccionados: El investigador principal es encargado de informar a los alumnos sobre su inclusión en el proyecto.

Para poder mejorar el procedimiento de selección actual se presenta de manera inmediata una propuesta concreta sobre cómo debería de proceder para la mejor conformación del equipo Taq Balam.

Figura 37: Diagrama de flujo propuesto para selección de miembros del equipo Taq Balam

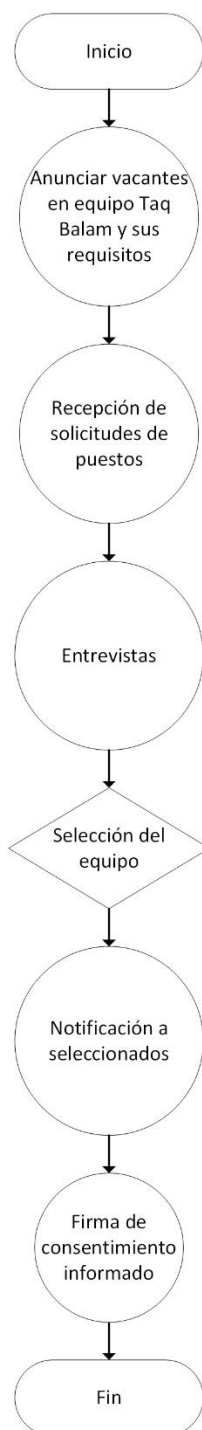


Diagrama No.	2
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para la selección de un nuevo equipo Taq Balam.
Fecha de realización:	10 de agosto de 2016

Tipo de actividad	Cantidad
Operación:	5
Decisión:	1
Total:	6

Fuente: elaboración propia. Proyecto Taq Balam

Las actividades del diagrama propuesto para la selección del equipo se describen a continuación.

- Anunciar vacantes en el equipo Taq Balam y sus requisitos: A inicios del mes de abril se debe anunciar dentro de la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central, que el equipo está buscando nuevos miembros para iniciar actividades en julio del año presente. Por medio de los tableros de información en la universidad y correos electrónicos los estudiantes podrán conocer las vacantes y podrán conocer los requisitos de cada uno de los puestos a ocupar. (Ver anexos)
- Recepción de solicitudes: Desde el 15 de abril hasta el 15 de mayo, se recibirán solicitudes de parte de los estudiantes interesados en formar parte del equipo Taq Balam. (Ver anexos)
- Entrevistas: En la primera semana luego del cierre de recepción de solicitudes se deben realizar entrevistas a los alumnos interesados en el proyecto. Esta debe ser realizada por el investigador encargado del equipo con o sin apoyo de los miembros del equipo más actual.
- Selección del equipo: En base a las entrevistas el investigador encargado del equipo con ayuda de los miembros del equipo más actual, se deben elegir las personas que conformarán el nuevo equipo Taq Balam.
- Notificación a seleccionados: Inmediatamente después de la selección del equipo, se debe notificar por correo electrónico a los estudiantes elegidos que formarán parte de Taq Balam y que sus labores inician en el segundo ciclo, junto al taller de megaproyecto 1. (Ver anexos)
- Firma de consentimiento informado: el estudiante seleccionado deberá firmar un documento en el cual deja constancia de su compromiso con el equipo Taq Balam, que ha dado información verídica del cumplimiento de características y que está enterado que debe viajar a la competencia.

D. Funciones por miembro del equipo Taq Balam

A continuación, se presenta la descripción y perfil de puesto para cada integrante de equipo Taq Balam. En primera instancia se muestra el perfil del (los) estudiantes de ingeniería química quienes están encargados de la inyección y combustión de combustible en el vehículo. Es decisión del investigador principal si se precisan uno o dos estudiantes para desenvolver este papel.

Cuadro 16: Descripción y análisis de puesto para primer ingeniero químico

Descripción de puesto	
Título: Encargado de combustión e inyección de combustible	División: Ingeniería Química
Descripción genérica: Aseguramiento de una combustión eficiente y suministro de aire para la presurización del combustible.	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Determinar los puntos que necesitan trabajo en la combustión e inyección. • Proponer procedimiento para implementar mejoras. • Diseñar plan de trabajo para la mejora de la eficiencia de combustión e inyección. • Realizar cotizaciones de recursos a utilizar. • Implementar mejoras haciendo uso de herramientas del área de ingeniería química. • Realizar pruebas del motor tanto dentro del vehículo como fuera del mismo. • Diseñar el procedimiento a seguir durante la competencia Shell Eco-marathon relacionados con la combustión e inyección del vehículo. • Aumentar la eficiencia del motor en comparación con el equipo del año anterior. • Elaborar un reporte final de las tareas realizadas y herramientas utilizadas. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante de Ingeniería Química o Química Industrial • Ser estudiante activo de la Universidad del Valle de Guatemala • Tener conocimiento básico de funcionamiento mecánico de motores, principios de combustión química, ciclo de Otto, transferencia de calor por conducción, convección y radiación, termodinámica y análisis de datos en Excel. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. <p>b) Requisitos físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo. <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con motor y herramientas mecánicas delicadas. • Información confidencial: diseños y mejoras implementadas deben ser discutidas únicamente con miembros del equipo o personas autorizadas a saber información detallada de la investigación. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana previos a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) tener visa para EE.UU. vigente. 	

El siguiente perfil presentado es el del ingeniero mecánico que debe encargarse de los aspectos mecánicos del vehículo. El investigador principal puede tomar la decisión de incluir dos estudiantes con el mismo perfil para el mejor desarrollo de las actividades mecánicas.

Cuadro 17: Descripción y análisis de puesto para primer ingeniero mecánico

Descripción de puesto	
Título: Encargado de aspectos mecánicos del vehículo	División: Ingeniería Mecánica
Descripción genérica: Diseño, construcción y mejora de carrocería, chasis, transmisión de potencia y frenos de un vehículo ultraeficiente.	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Evaluar vehículo ultraeficiente actual. • Proponer un plan para implementar mejoras en el vehículo. • Diseño de componentes mecánicos en software computacional en el caso de ser requerido. • Realizar cotizaciones de recursos a utilizar. • Instalar y evaluar mejoras implementadas. • Realizar pruebas de funcionalidad de las mejoras implementadas en el vehículo. • Diseñar el procedimiento a seguir durante la competencia Shell Eco-marathon en relación con el área mecánica en caso de surgir desperfectos. • Aumentar la eficiencia del vehículo en comparación con el equipo del año anterior. • Elaborar un reporte final de las tareas realizadas y herramientas utilizadas. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante de Ingeniería Mecánica o Mecánica Industrial • Ser estudiante activo de la Universidad del Valle de Guatemala. • Tener conocimiento básico de funcionamiento de vehículos, soldadura, mecánica estática y dinámica, materiales y motores. • Tener conocimiento de diseño en software computacional. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. <p>b) Requisitos físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo. <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con carrocería y chasis y herramientas mecánicas delicadas. • Información confidencial: diseños y mejoras implementadas deben ser discutidas únicamente con miembros del equipo o personas autorizadas a saber información detallada de la investigación. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente. 	

Con el siguiente perfil de puesto se describe al ingeniero mecatrónico que debe de trabajar sobre el sistema eléctrico del vehículo ultraeficiente.

Cuadro 18: Descripción y análisis de puesto para ingeniero mecatrónico

Descripción de puesto	
Título: Encargado del sistema eléctrico del vehículo	División: Ingeniería Mecatrónica
Descripción genérica: Diseño, implementación y mejora del sistema eléctrico de un vehículo ultraeficiente.	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Conocer a detalle el funcionamiento eléctrico del vehículo actual. • Proponer un plan para implementar mejoras. • Diseñar mejoras en software computacional de tal manera que terceras personas puedan entender las mismas. • Realizar cotizaciones de recursos a utilizar. • Implementar mejoras haciendo uso de herramientas del área de ingeniería mecatrónica. • Realizar pruebas de funcionamiento de los componentes eléctricos al estar el vehículo en funcionamiento. • Diseñar el procedimiento a seguir durante la competencia Shell Eco-marathon en el área eléctrica. • Elaborar un reporte final de las tareas realizadas y herramientas utilizadas. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante de Ingeniería Mecatrónica. • Ser estudiante activo de la Universidad Del Valle de Guatemala. • Tener conocimiento básico de funcionamiento de vehículos y su sistema eléctrico, circuitos, instalaciones eléctricas, programación, mecánica general y dibujo mecánico. • Tener conocimiento de diseño en software computacional. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. <p>b) Requisitos físicos</p> <p>No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo.</p> <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con vehículo y herramientas mecánicas delicadas. • Información confidencial: diseños y mejoras implementadas deben ser discutidas únicamente con miembros del equipo o personas autorizadas a saber información detallada de la investigación. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente. 	

Ahora bien, se muestra el perfil del primer ingeniero industrial o en ciencia de la administración, quien debe de encargarse de los procesos de compras para adquisición de recursos para el trabajo sobre el vehículo, transporte hacia la competencia Shell Eco-marathon y del presupuesto y cronograma del proyecto. Las

actividades del mismo pueden ser apoyadas por el segundo ingeniero industrial o en ciencia de la administración.

Cuadro 19: Descripción y análisis de puesto para 1º ingeniero industrial o en ciencia de la administración

Descripción de puesto
Título: Encargado de seguimiento de compras, transporte, presupuesto y cronograma.
División: Ingeniería Industrial/En ciencia de la administración.
Descripción genérica: Administración y control de procesos de compra, coordinación de transporte del vehículo y manejo de presupuesto y tiempo (cronograma).
Descripción del puesto:
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Conocer a detalle el funcionamiento administrativo del equipo. • Coordinar el presupuesto mensual y dar seguimiento a compras. • Reunirse con empresa encargada de transporte para coordinación de envío del vehículo. • Seguimiento detallado de las actividades realizadas por los miembros del equipo y coordinar el tiempo para inicio y finalización de las etapas de trabajo. • Realizar cotizaciones de recursos a utilizar. • Realizar un plan para optimizar tiempo y recursos del proyecto. • Apoyo al segundo ingeniero industrial o en ciencia de la administración. • Involucrarse en las tareas de los miembros que trabajan sobre el vehículo para tener conocimiento general del funcionamiento del mismo. • Elaborar un reporte final de las tareas realizadas y herramientas utilizadas.
Perfil de puesto
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante de ingeniería industrial o en ciencia de la administración. • Ser estudiante activo de la Universidad del Valle de Guatemala. • Tener conocimiento sobre administración de proyectos. • Tener posibilidad de conseguir contactos en empresas que puedan fungir como patrocinadores. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, orden al trabajar, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. <p>b) Requisitos físicos</p> <p>No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo.</p> <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con vehículo. • Información confidencial: información sobre procesos, logística de transporte, presupuesto y manejo del tiempo debe de ser discutida únicamente con encargado del equipo, sus miembros y personas autorizadas a conocer sobre el proyecto. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala o fuera de esta durante visitas a patrocinadores, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente.

Cuadro 20: Descripción y análisis de puesto para 2º ingeniero industrial o en ciencia de la administración

Descripción de puesto	
Título: Encargado de comunicación, mercadeo y administración de procedimientos para llegar a la competencia.	División: Ingeniería Industrial/En ciencia de la administración.
Descripción genérica: Dar a conocer el proyecto Taq Balam a nivel Guatemala, comunicación con patrocinadores y dirigir los procedimientos necesarios para llevar al equipo a la competencia Shell Eco-marathon.	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Conocer a detalle el funcionamiento administrativo del equipo. • Manejar redes sociales del equipo. • Diseñar un plan de mercadeo y comunicación para dar a conocer el proyecto a nivel Guatemala. • Coordinar eventos para publicitar el proyecto (entrevistas, visitas a escuelas, stands, etc.) • Comunicación con patrocinadores con apoyo de primer ingeniero en industrial/ en ciencia de la administración. • Manejar los procesos que se deben de seguir para llevar al equipo a la competencia Shell Eco-marathon. • Realizar cotizaciones de recursos a utilizar. • Realizar un plan para hacer más eficiente la comunicación y mercadeo. • Apoyo al segundo ingeniero industrial o en ciencia de la administración. • Involucrarse en las tareas de los miembros que trabajan sobre el vehículo para tener conocimiento general del funcionamiento del mismo. • Coordinación del equipo durante Eco-marathon. Apoyo del primer ingeniero industrial/en ciencia de la administración. • Elaborar un reporte final de las tareas realizadas y herramientas utilizadas. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante de ingeniería industrial o en ciencia de la administración. • Ser estudiante activo de la Universidad del Valle de Guatemala. • Tener conocimiento de mercadeo y administración. • Tener posibilidad de conseguir contactos en empresas que puedan fungir como patrocinadores. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, orden al trabajar, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. <p>b) Requisitos físicos</p> <p>No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo.</p> <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con vehículo. • Información confidencial: información sobre comunicación, mercadeo y patrocinadores debe de ser discutida únicamente con encargado del equipo, sus miembros y personas autorizadas a conocer sobre el proyecto. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala o fuera de esta durante visitas a patrocinadores, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente. 	

Los últimos perfiles hacen referencia a la persona encargada del manejo del vehículo durante las pruebas en Guatemala y en la competencia Shell Eco-marathon. La piloto principal y de reserva deben cumplir con el mismo perfil.

Cuadro 21: Descripción y análisis de puesto para piloto principal

Descripción de puesto	
Título: Piloto principal	División: Conducción del vehículo.
Descripción genérica: Manejar el vehículo durante pruebas y en la competencia	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Asistir a reuniones para ajuste del vehículo a la conductora. • Asistir a sesiones de prueba del vehículo. • Manejar el vehículo ultraeficiente durante competencia Shell Eco-marathon. • Involucrarse en las tareas de los miembros que trabajan sobre el vehículo para tener conocimiento general del funcionamiento del mismo. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante activo de cualquier carrera de la Universidad del Valle de Guatemala. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, orden al trabajar, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. • Saber manejar y tener licencia de conducir vigente. <p>b) Requisitos físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo. • Medir entre 1.55 y 1.60 m. • Pesar idealmente 110 lb. • De preferencia tener vista 20/20. <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con vehículo. • Información confidencial: información sobre el proyecto debe de ser discutida únicamente con encargado del equipo, sus miembros y personas autorizadas a conocer sobre el proyecto. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente. 	

Cuadro 22: Descripción y análisis de puesto para piloto reserva

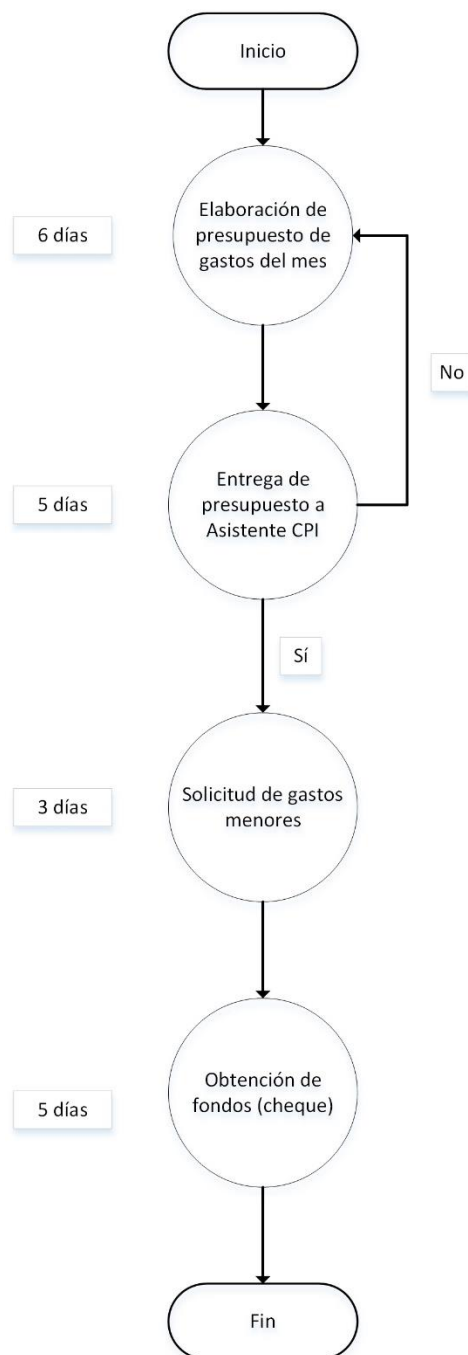
Descripción de puesto	
Título: Piloto reserva	División: Conducción del vehículo.
Descripción genérica: Manejar el vehículo durante pruebas y en la competencia	
Descripción del puesto:	
<ul style="list-style-type: none"> • Estudiar en detalle las reglas y requerimiento de la Shell Eco-marathon. • Asistir a reuniones para ajuste del vehículo a la conductora. • Asistir a sesiones de prueba del vehículo. • Manejar el vehículo ultraeficiente durante competencia Shell Eco-marathon. • Involucrarse en las tareas de los miembros que trabajan sobre el vehículo para tener conocimiento general del funcionamiento del mismo. 	
Perfil de puesto	
<p>a) Requisitos principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser estudiante activo de cualquier carrera de la Universidad del Valle de Guatemala. • Aptitudes adicionales: responsabilidad, disciplina, orden al trabajar, capacidad de trabajar en equipo y bajo presión, buena presentación, fluidez oral, conocimiento avanzado de inglés, capacidad de síntesis y desarrollo, noción del tiempo y habilidad para prever y adaptarse a nuevas situaciones, trabajo por competencias. • Saber manejar y tener licencia de conducir vigente <p>b) Requisitos físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • No padecer inconvenientes de salud que impidan la participación en las actividades del equipo. • Medir entre 1.55 y 1.60 m. • Pesar idealmente 110 lb. • De preferencia tener vista 20/20 <p>c) Responsabilidades adquiridas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramientas y equipo: trabajo con vehículo. • Información confidencial: información sobre el proyecto debe de ser discutida únicamente con encargado del equipo, sus miembros y personas autorizadas a conocer sobre el proyecto. • Relaciones internas: se deben mantener comunicación constante de avances con encargado del equipo y miembros del mismo y cumplimiento de fechas límites de trabajo establecidas. <p>d) Condiciones de trabajo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabajo: trabajo en horario fuera de clases, posibilidad de tener que trabajar en fines de semana un mes previo a la competencia, trabajo en laboratorio de operaciones unitarias de Universidad del Valle de Guatemala, ambiente agradable de trabajo en equipo. • Capacidad económica de adquirir viaje a lugar de la competencia (aprox. US\$ 600) y tener visa para EE.UU. vigente. 	

E. Proceso para compras locales

1. Diagramas de operaciones y procesos para compras locales. Se presentan los diagramas de operaciones y procesos para las tareas de compras locales, entiéndase en Guatemala, de recursos para el trabajo sobre el vehículo ultraeficiente. Cada diagrama se acompaña de la descripción de sus actividades y al final se presenta un cronograma para la coordinación de estas. En los anexos se adicionan los documentos que sean necesarios para llevar a cabo los procesos.

Figura 38: Diagrama de flujo actual para solicitud de anticipo para gastos menores

Diagrama No.	3
Método:	Actual
Descripción:	Proceso para elaborar la solicitud de gastos menores y obtener el presupuesto mensual
Fecha de realización:	10 de agosto de 2016



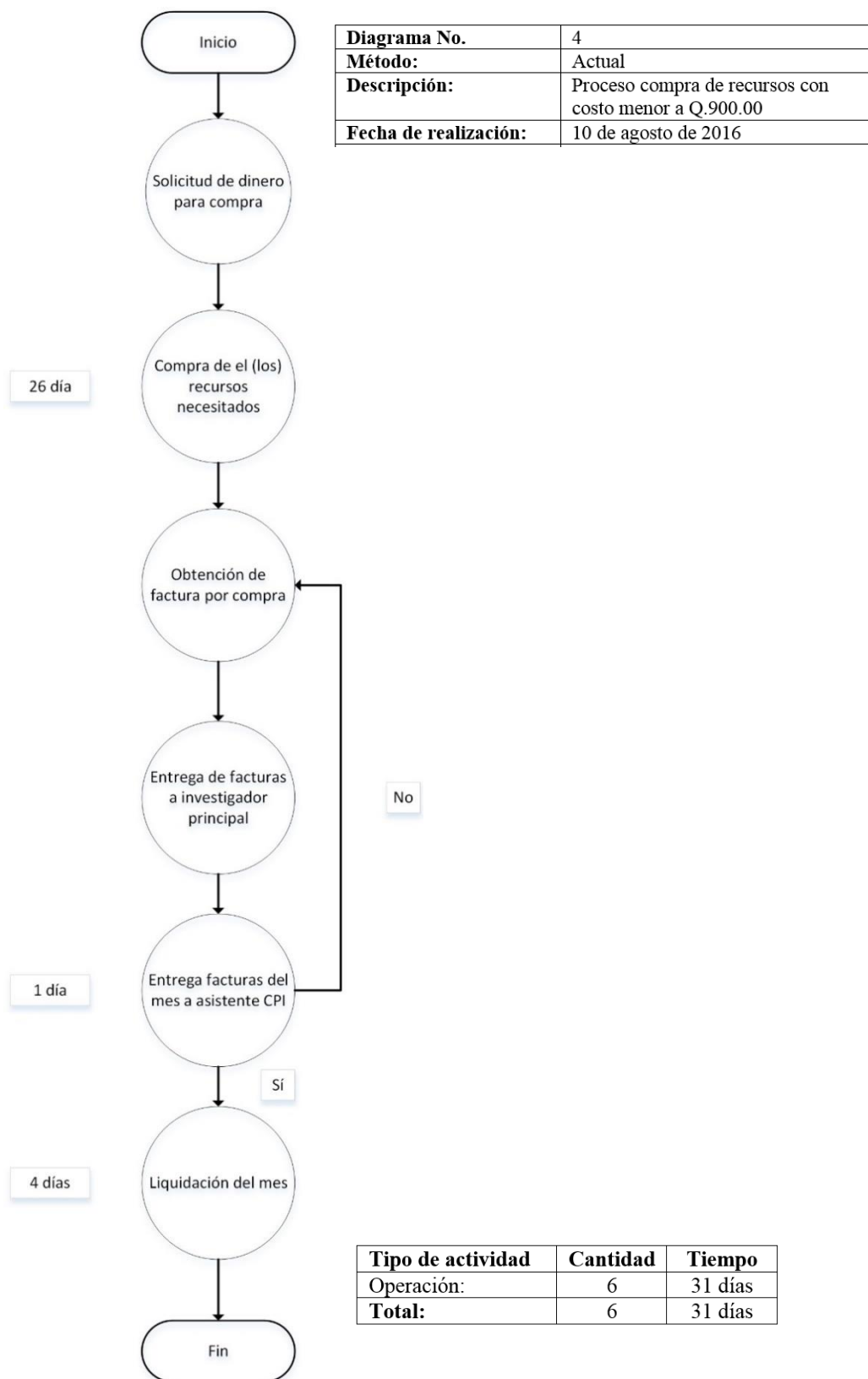
Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Tipo de actividad	Cantidad	Tiempo
Operación:	4	19 días
Total:	4	19 días

Para continuar se describen las actividades del diagrama. Cabe destacar que este proceso es el que precede para poder realizar las actividades de compras de recursos.

- Elaboración de presupuesto de gastos del mes: los estudiantes encargados de la administración del equipo deben de recolectar entre los días 15 y 20 del mes los gastos que se harán el mes siguiente. Cada uno de los estudiantes de los diferentes módulos debe entregar una lista de los recursos que vayan a necesitar comprar, el motivo del uso de los mismos, la cantidad y el precio de los mismos. El valor de cada recurso no debe exceder los Q.900.00 y el monto total de solicitar para gastos no debe superar los fondos poseídos por el equipo.
- Entrega de presupuesto a asistente CPI: el presupuesto elaborado debe entregarse a más tardar el día 25 del mes a la asistente de Centro de Procesos Industriales de la Universidad del Valle de Guatemala. Cabe destacar que el total del presupuesto será exactamente lo que se tendrá disponible para gastos. Si hay falta de información en el presupuesto la asistente del CPI debe devolver este para su corrección.
- Solicitud de gastos menores (comprar menores a Q900.00): la asistente del CPI llenará en base al presupuesto entregado, una solicitud de anticipo para gastos menores. Esta será entregada al Departamento de Compras de la Universidad del Valle de Guatemala. Esta actividad se deberá realizar tres días después de entregado el presupuesto como máximo.
- Obtención de fondos (cheque): entre dos y cinco días hábiles después de la entrega de la solicitud de anticipo será extendido un cheque por el monto especificado a nombre del investigador principal.

Figura 39: Diagrama de flujo actual para compras menores a Q.900.00

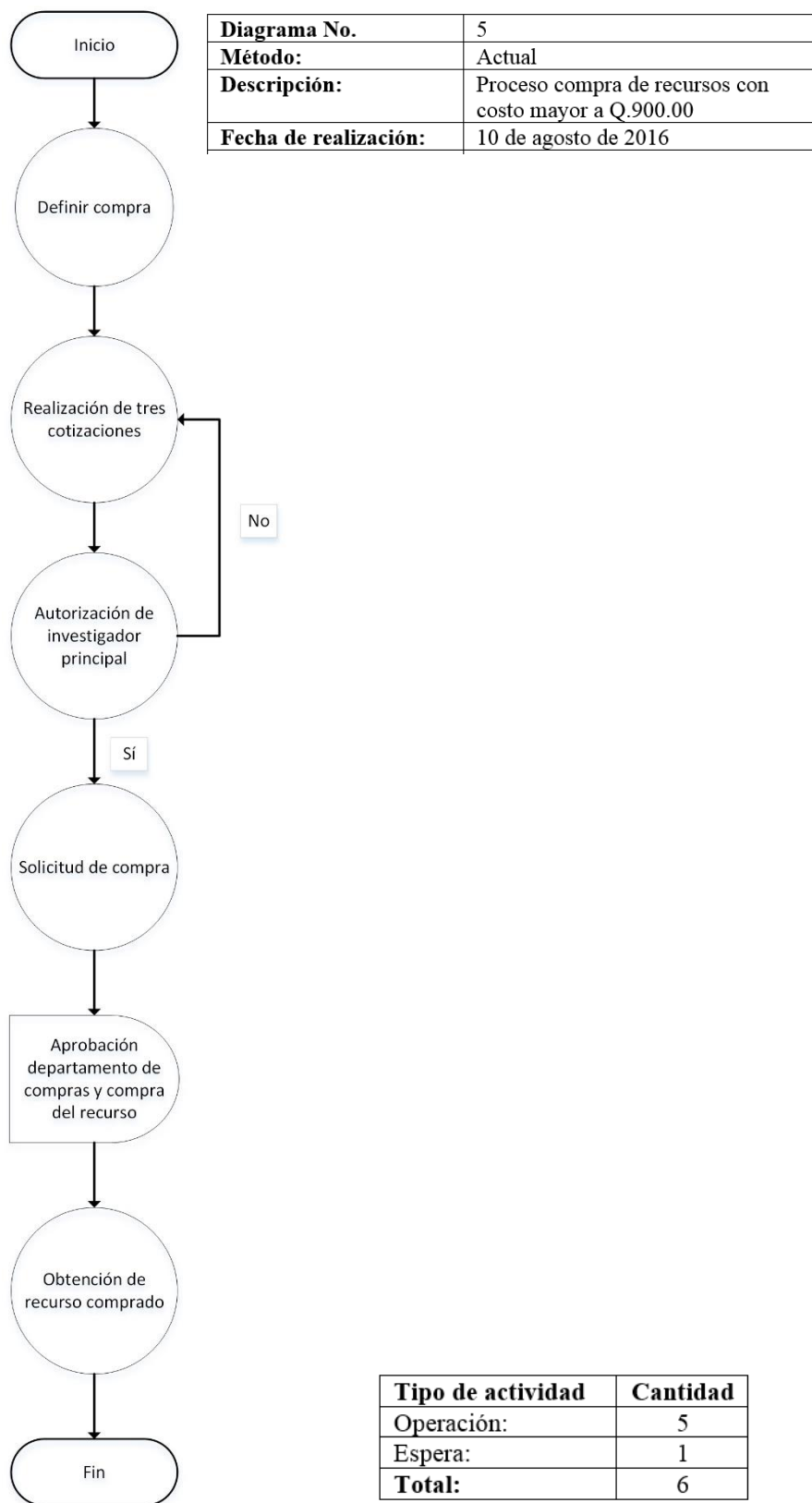


Fuente: Elaboración propia proyecto Taq Balam

Ahora se detallan las actividades que componen el proceso para la compra de recursos menores a Q.900.00.

- Solicitud de dinero para compras: el integrante del equipo que precise de comprar algún recurso debe solicitar el dinero al investigador principal e indicarle el detalle de la compra.
- Compra del (los) recursos necesitados: el estudiante debe adquirir los recursos sin realizar gastos mayores a Q.900. La compra debe finalizar con la solicitud de una factura con los siguientes datos: a nombre de UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA, dirección 11 calle 15-79 Z.15 V.H. III, número de NIT 1751758-3 y teléfono 2364-0336. En el caso de que la factura sea de tipo cambiaria se debe solicitar un recibo de caja. Se tiene aproximadamente del 1 al 26 del mes para esta actividad.
- Entrega de facturas al investigador principal: el estudiante que haya realizado una compra debe entregar a más tardar el día después de esta la factura y el dinero sobrante, de ser el caso, al investigador principal.
- Entrega de facturas a asistente CPI: el investigador principal debe entregar las facturas de compras del mes a más tardar el día 27 a la asistente de Centro de Procesos Industriales de la Universidad del Valle de Guatemala. De existir un error en alguna de las facturas, la asistente pedirá inmediatamente que esta se corrija.
- Liquidación del mes: la asistente del CPI debe entregar un documento de liquidación al departamento de compras en donde se especifique la cantidad de recurso económico usado junto con el monto no utilizado y las facturas que respalden las compras. Este se debe ingresar entre el día 28 y 1 del mes.

Figura 40: Diagrama de flujo actual para compras mayores a Q.900.00



Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Con el fin de complementar la información descrita en el diagrama para las compras mayores a Q.900.00 se presentan de manera inmediata la descripción de las actividades. Es importante mencionar que este procedimiento no tiene un tiempo determinado para su realización. Es decir, que la transacción no se incluye en la liquidación del mes. El proceso es tomado por separado.

- Definir compra: el integrante del equipo que precise de un recurso cuyo costo sea mayor a Q.900.00 debe definir exactamente cuál es el insumo o servicio que desea adquirir, su costo y la cantidad.
- Realización de tres cotizaciones: la persona que desea adquirir el recurso debe hacer tres cotizaciones del mismo insumo en empresas diferentes. Las empresas deben ser proveedoras de la Universidad del Valle de Guatemala. Esta información puede ser solicitada con la asistente del CPI.
- Autorización de investigador principal: el investigador principal debe autorizar la compra del recurso con costo mayor a Q.900.00 y de no ser así se deben corregir las mismas.
- Solicitud de compra: las cotizaciones deben entregarse a la asistente del CPI y esta deberá llenar un documento de solicitud de compra. Esta se entregará al departamento de compras de la Universidad del Valle de Guatemala. (Ver Anexos)
- Aprobación de departamento de compras y compra del recurso: el departamento de compras, en base a las cotizaciones, aprobará y seleccionará la opción de mayor conveniencia. Este departamento se encargará de realizar la compra.
- Obtención de recurso comprado: el departamento de compras notificará a la asistente del CPI el momento en el que el recurso pueda ser recogido en el Almacén General. El tiempo para la obtención del recurso es variable y depende del tipo del recurso, el costo y el proveedor.

1. Cronograma para compras locales. El cronograma presentado hace referencia a las tareas que deben realizarse en un mes de trabajo en el aspecto de compras locales menores a Q.900.00. Se incluyen tanto las tareas que son parte de la comprar misma como aquellas que se deben realizar para obtener los fondos para las compras del mes siguiente.

Cuadro 23: Cronograma para proceso de compras locales menores a Q.900.00

	Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Encargado	Actividad																														
<i>Asistente CPI</i>	<i>Obtención de cheque</i>																														
<i>Equipo Taq Balam</i>	<i>Compras menores a Q900</i>																														
<i>Equipo Taq Balam</i>	<i>Entrega de facturas a investigador principal</i>																														
<i>Equipo Taq Balam</i>	<i>Preparación de presupuesto mes siguiente</i>																														
<i>Equipo Taq Balam</i>	<i>Entrega de presupuesto de mes siguiente</i>																														
<i>Asistente CPI</i>	<i>Ingreso de solicitud de anticipo de gastos menores</i>																														
<i>Equipo Taq Balam</i>	<i>Entrega de facturas a asistente de CPI</i>																														
<i>Asistente CPI</i>	<i>Liquidación</i>																														

Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Ahora bien, en el siguiente cuadro pueden observarse la cantidad de procesos en actividades de compras que tuvieron errores. El porcentaje incluye documentación mal realizada (facturas con datos incorrectos), entrega de liquidación y solicitudes fuera de tiempo e incumplimiento con políticas del departamento de compras de la Universidad del Valle de Guatemala.

Cuadro 24: Errores administrativos en procesos de compra durante los años del proyecto

Año	Cantidad de procesos con errores (%)
2013	47%
2014	43%
2015	35%
2016	27%

Fuente: Centro de Procesos Industriales Universidad del Valle de Guatemala

F. Proceso para compras del exterior

En el siguiente apartado se muestra el proceder para las compras que se deben realizar en el extranjero. En este rubro entran aquellos recursos que no pueden ser conseguidos en Guatemala y por lo tanto deben de importarse.

Figura 41: Diagrama de operaciones y procesos para compras en el extranjero

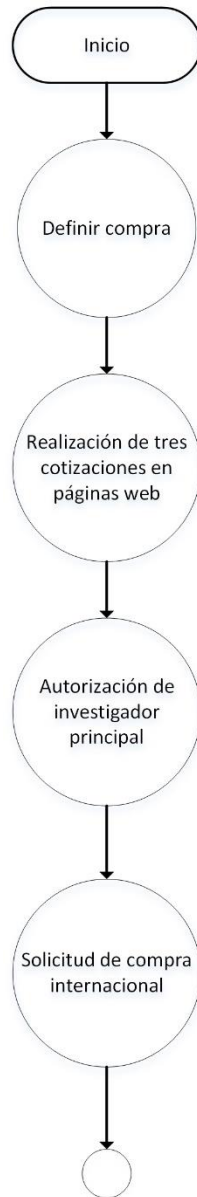
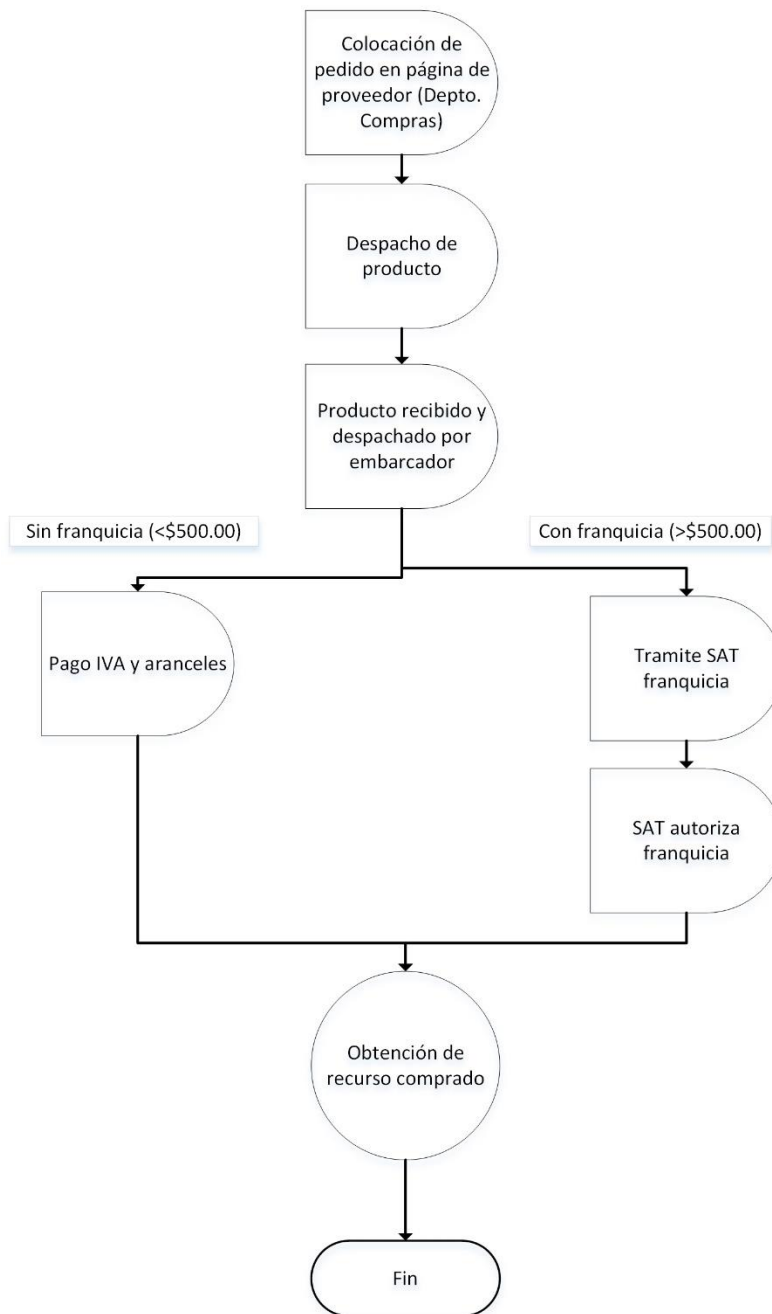


Diagrama No.	6
Método:	Actual
Descripción:	Proceso compra de recursos en el exterior
Fecha de realización:	10 de agosto de 2016

Continuación Figura 41



Tipo de actividad	Cantidad
Operación:	5
Espera:	6
Total:	11

Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

A continuación, se describen a detalle las actividades que componen el proceso de compras en el extranjero. Este proceso es independiente de las compras del mes menores a Q.900.00. La transacción no se refleja en la liquidación del mes.

- Definir compra: el integrante del equipo que desee adquirir un recurso del extranjero debe definir claramente que necesita, en qué cantidad y asegurarse que el insumo no se puede adquirir en Guatemala por lo que debe importarse.
- Realización de cotizaciones: se deben de realizar tres cotizaciones del recurso en páginas de internet indicando el precio, la cantidad y el nombre exacto de producto.
- Autorización de investigador principal: el investigador principal en base a las cotizaciones dará el visto bueno de la compra.
- Solicitud de compra internacional: se deben entregar las cotizaciones a la asistente del CPI quien llenará un documento de solicitud de compra internacional que se entregará al Departamento de Compas. (Ver Anexos)
- Colocación de pedido en página de proveedor: el Departamento de Comparas recibe la solicitud de compra internacional y coloca el pedido en la página del proveedor.
- Despacho de producto: el proveedor recibe la orden de compra y despacha el producto
- Producto recibido y despachado por embarcador: el producto es recibido por el embarcador seleccionado por el Departamento de Comparas y este lo despacha hacia Guatemala.
- Pago IVA y aranceles: si la compra es menor a \$500.00 el proceso se lleva a cabo sin franquicia y al entrar el producto al país se deben pagar IVA e impuestos arancelarios.
- Trámite SAT franquicia: si la compra es mayor a \$500.00 el Departamento de Comparas inicia el trámite de franquicia con la SAT para evitar el pago de IVA y aranceles por ser la universidad una institución educativa
- SAT autoriza franquicia: la SAT autoriza la franquicia y el producto ingresa sin pago de impuestos.
- Obtención de recurso: el Departamento de Compras notificará cuando el recurso pueda recogerse en el almacén general. El tiempo para la obtención del recurso depende del tipo de producto, la cantidad y el proveedor.

G. Tramites, presupuesto y cronograma para transporte

1. Diagramas de operaciones y procesos para transporte del vehículo. En seguida, se presentan los diagramas de operaciones y procesos pertinentes al transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia Shell Eco-marathon. Adicionalmente se presenta el presupuesto estimado del transporte marítimo del vehículo y un cronograma que resume las fechas indicadas para la elaboración de las actividades.

Figura 42: Diagrama de operaciones y procesos para transporte del vehículo

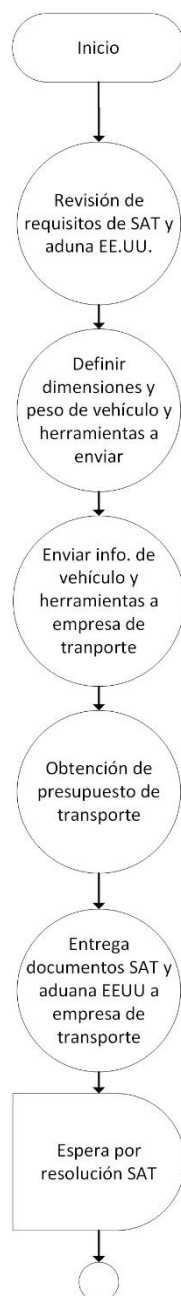
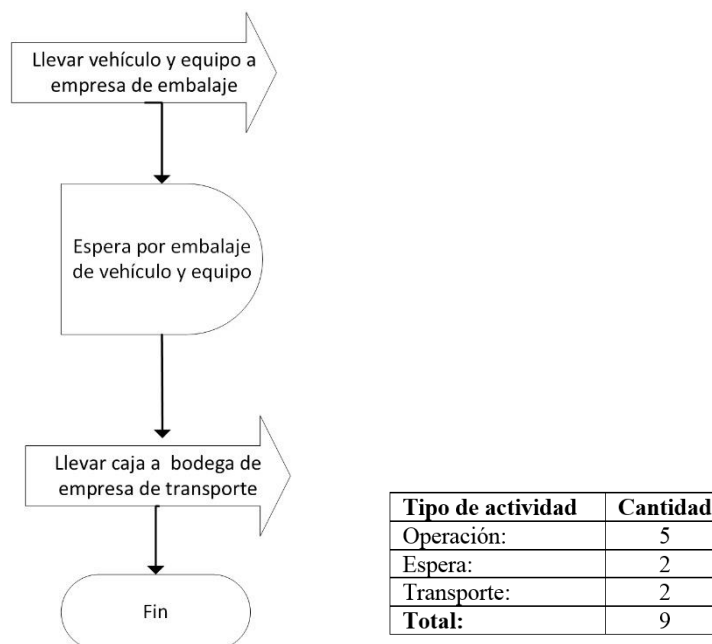


Diagrama No.	7
Método:	Actual
Descripción:	Proceso para transporte de vehículo
Fecha de realización:	10 de agosto de 2016

Continuación Figura 42



Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

En las siguientes líneas se describen las actividades que componen el proceso para el transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia Shell Eco-marathon.

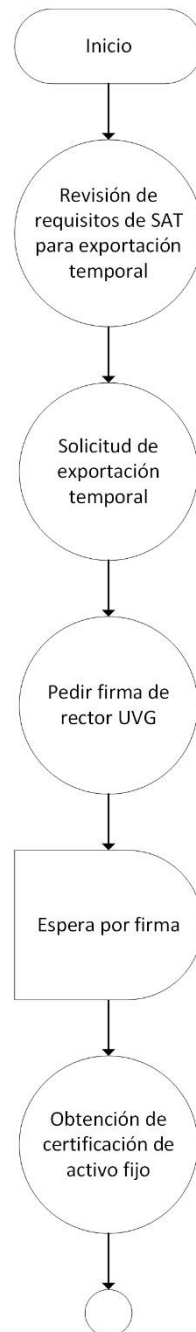
- Revisión de requisitos de SAT y aduana EE.UU.: Por medio de la empresa encargada del transporte del vehículo y herramientas, se debe de hacer una revisión de los requisitos que se deben de tomar en cuenta para los tramites con la Superintendencia de Administración Tributaria y la aduana de Estados Unidos. Esto con el fin de conocer cambios que hayan surgido en el último año.
- Definir dimensiones y pesos de vehículo y herramientas a enviar: se debe de definir las medidas y peso del vehículo ultraeficiente y las del equipo adicional (herramientas) a ser enviados.
- Enviar información de equipo a empresa de transporte: la información de medidas y pesos debe de comunicarse a la empresa de transporte.
- Obtención de presupuesto de transporte: la empresa de transporte en base a las medidas y pesos enviará el presupuesto del transporte.
- Entrega de documentos SAT y aduana EE.UU. a empresa de transporte: los documentos para la obtención de un permiso de exportación temporal de la SAT y para los tramites de aduana en Estados

Unidos, deben ser entregados a la empresa proveedora del transporte del vehículo en la primera semana de clases del primer ciclo.

- Espera por resolución SAT: se debe esperar a que la Superintendencia de Administración Tributaria de la autorización para realizar la exportación temporal del vehículo ultraeficiente y demás equipo.
- Llevar vehículo y equipo a empresa de embalaje: se debe llevar el vehículo y equipo adicional y la caja de madera a la empresa que se encargue del embalaje. Esta operación se debe realizar una semana antes de que se envíe el vehículo.
- Espera por embalaje de vehículo o equipo: se debe esperar hasta que la empresa de embalaje tenga la caja de madera lista con el vehículo y equipo dentro y sellada.
- Llevar caja a bodega de empresa de transporte: se debe recoger la caja de madera en la empresa de embalaje y esta se tiene que llevar a la bodega de la empresa de transporte dos días hábiles antes de la fecha establecida para el transporte.

Figura 43: Diagrama de operaciones y procesos para obtener autorización de exportación temporal

Diagrama No.	8
Método:	Actual
Descripción:	Proceso para obtención de autorización de exportación temporal
Fecha de realización:	14 de agosto de 2016
Hecho por:	Hans Martín Cruz Ruhle



Continuación Figura 43



Tipo de actividad	Cantidad
Operación:	9
Espera:	2
Total:	11

Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Para la correcta ejecución del proceso de obtención de la autorización para la exportación temporal del equipo y el vehículo, se detallan a continuación las actividades.

- Revisión de requisitos de SAT para exportación temporal: por medio de la empresa de transporte y el portal web de la SAT (portal.sat.gob.gt) revisar los requisitos para la exportación e importación del vehículo y sus herramientas. Esto para conocer cambios que hayan surgido en el último año.
- Solicitud de exportación temporal: se debe realizar una carta en la cual el rector de la Universidad del Valle de Guatemala solicite a la Superintendencia de Administración Tributaria la autorización de la exportación temporal del vehículo ultraeficiente. (Ver Anexos)
- Pedir firma del rector UVG: se debe pedir por medio de un memorando que el rector firme la solicitud de exportación temporal.
- Espera por firma: la obtención de la firma del rector puede tardar hasta diez días.
- Obtención de certificado de activo fijo: se debe elaborar una carta en donde se indique que el vehículo ultraeficiente es un activo fijo de la Universidad del Valle de Guatemala. (Ver Anexos)
- Pedir firmas de Jefe de Activos Fijos y Contador General UVG: por medio de un memorando se debe solicitar la firma de Jefe de Activos Fijos y del Contador General de la Universidad del Valle de Guatemala en la certificación de activo fijo.
- Espera por firmas: las firmas pueden tardar hasta 10 días hábiles.
- Obtención de factura pro forma: se debe adquirir un documento que indique el valor del vehículo. (Ver Anexos)
- Elaborar lista de equipo adicional a transportar con respaldo contable: se debe hacer una lista de las herramientas y equipo que se transportará junto al vehículo. La lista debe acompañarse con un respaldo del valor de los artículos a transportar que puede ser la factura de compra o un documento elaborado por el Departamento de Contabilidad de la universidad. (Ver Anexos)
- Pedir firma de investigador principal: el documento que contenga la lista deber ser firmado por el investigador principal. Esta firma se obtiene de manera inmediata.
- Entrega de documentos SAT a empresa de transporte y seguimiento de tramite: se deben entregar los documentos preparados a la empresa de transporte quién estará a cargo de ingresar la papelería en la SAT. De igual manera, se debe dar seguimiento cada dos días al trámite hasta que se obtenga la resolución de la SAT.

Figura 44: Diagrama de operaciones y procesos para entrega de documentación para aduana de EE.UU.

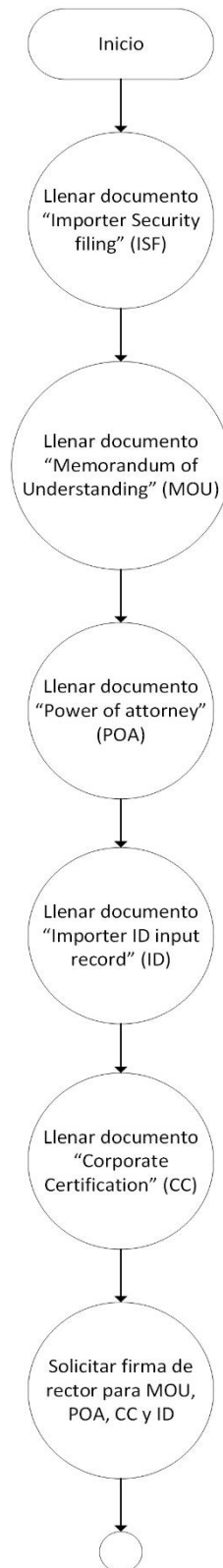


Diagrama No.	9
Método:	Actual
Descripción:	Proceso para entrega de documentos necesarios para aduana de Estados Unidos
Fecha de realización:	14 de agosto de 2016

Continuación Figura 44



Tipo de actividad	Cantidad
Operación:	13
Espera:	2
Total:	15

Fuente: elaboración propia proyecto Taq Balam

Ahora se describen las actividades que componen el proceso para entrega de documentos para el trámite con la aduana de Estados Unidos.

- Llenar documento “Importer Security Filing” (ISF): se debe llenar el documento que resume la información del envío del vehículo y equipo a transportar. (Ver Anexos)
- Llenar documento “Momerandum of Understanding” (MOU): se debe llenar el documento en el que se aceptan los requerimientos y condiciones para hacer trámites con la aduana de Estados Unidos. (Ver Anexos)
- Llenar documento “Power of Attorney” (POA): se debe llenar el documento en el cual da permiso a la empresa de transporte de que maneje todo tipo de trámites en Estados Unidos. (Ver Anexos)
- Llenar documento “Importe ID Input Record”: se llena el documento en el cual se especifican los detalles del importador (Universidad del Valle de Guatemala) y el lugar en el cual se debe entregar la caja con el vehículo y equipo. (Ver Anexos)
- Llenar documento “Corporate Certification” (CC): se debe llenar el documento en el cual se indica que el rector de la Universidad del Valle de Guatemala es el responsable de la misma. (Ver Anexos).
- Solicitar firma de rector para MOU, POA, CC y ID: los documentos MOU, POA, CC y ID deben de tener firma del rector la cual se solicita por medio de un momorando.
- Espera por firmas: las firmas pueden tardar hasta diez días hábiles.
- Llenar documento “Importer Profile” (IM): En este documento se deben de especificar la información de la universidad y del investigador principal. (Ver Anexos)
- Elaborar “Testing Exception Letter”: se debe redactar una carta dirigida a las personas de la aduana de Estados Unidos que indique que el vehículo será utilizado únicamente dentro de los límites de la competencia Shell Eco-marathon. (Ver Anexos)
- Elaborar “Testing Exception Request”: se debe redactar una carta dirigida a las personas de la aduana de Estados Unidos en la cual se indique la información de la competencia, el fin de la misma y su desarrollo. En esta se adjunta la calendarización oficial de la competencia publicada por Shell. (Ver Anexos)
- Solicitar firma de investigador principal para IM, Letter y Request: se deben entregar los documentos IM, Testing Exception Letter y Request al investigador principal para su revisión y firma.

- Espera por firmas: la obtención de firmas puede durar dos días hábiles.
- Elaborar “Customer Invoice”: Se debe elaborar un documento en el cual se indique la dirección de la Universidad del Valle de Guatemala, el lugar en donde se lleve a cabo la competencia y el valor contable del vehículo. (Ver Anexos)
- Entregar documentos a empresa de transporte: los documentos mencionados en el diagrama deben entregarse a la empresa de transporte quien se hará cargo de ingresar la papelería para los trámites con la aduana de Estados Unidos.
- Seguimiento de tramite aduanal en EE.UU.: se debe de dar seguimiento semanal del trámite aduanal en Estados Unidos hasta tener conocimiento que el vehículo y herramientas se encuentra en ruta terrestre hacia el lugar de la competencia.

1. Cronograma para transporte de vehículo. En el siguiente cronograma se incluyen todas las actividades que se deben realizar para la gestión del transporte del vehículo y equipo adicional hacia la competencia. En el mismo se calendariza la competencia en la tercera semana de abril como lo fue en el año 2016 y lo será en el año 2017. Las semanas de embalaje y entrega en bodega están sujetas a cambios dependiendo las instrucciones de la empresa de transporte y fechas de Semana Santa. Los formulario y documentos mencionados se encuentran en los anexos

Cuadro 25: Cronograma para transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia Shell Eco-marathon

Actividad	Mes				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Redactar solicitud de exportación temporal																									
Obtener certificación de activo fijo																									
Obtener factura pro forma																									
Hacer lista de equipo adicional																									
Llenar ISF, MOU, POA, ID, CC y IM																									
Redactar Testing Exception Letter y Request																									
Elaborar Costumer Invoice																									
Definir pesos y medidas de vehículo y equipo adicional																									
Elaborar lista de equipo adicional																									
Solicitar firma de investigador principal para lista, IM, Exception Letter y Request																									
Solicitar firmas de rector UVG para MOU, POA, ID, CC y Solicitud de exportación temporal																									
Solicitar firma de jefe de activos fijos y contador general para certificación de activo fijo																									
Enviar información de pesos y medidas a empresa transporte																									
Obtención de presupuesto de transporte																									
Enviar documentos SAT y adina EEUU a empresa de transporte																									
Resolución SAT																									
Llevar vehículo y equipo a embalar																									
Llevar caja embalada a bodega de empresa de transporte																									
Vehículo en transporte a EEUU																									
Competencia																									

*Nota: Línea roja marca la semana en la que el trabajo sobre el vehículo debe estar finalizado.

Fuente: creación propia proyecto Taq Balam

3. Presupuesto para transporte. El presupuesto se baja en la medidas y pesos del vehículo y equipo adicional del año 2015 y 2016. Por lo tanto, se considera un volumen de la caja de madera de 4.16 m³ (147 ft³) y peso total de 227.16 kg (600 lb).

Cuadro 26: Presupuesto para transporte de vehículo hacia la competencia exportación e importación

Concepto	Descripción	Monto
EXPORTACIÓN		
Carga Marítima	\$2.55 por 0.03 m ³ (1 ft ³) o \$9.00 por 45.36 kg (100 lb)	\$ 374.85
Cuota por documentación	Cuota fija	\$ 50.00
Manejo a destino	\$110 más \$0.25 por 0.03 m ³ (1 ft ³) o \$0.02 por 0.45 kg (1 lb)	\$ 146.75
Aduana en Santo Tomás	Solo para entrada al puerto	\$ 30.00
Combustible de bajo azufre	\$0.09 por 0.03 m ³ (1 ft ³) o \$0.18 por 45.36 kg (100 lb)	\$ 13.23
Transporte en EEUU a lugar de competencia (Detroit)	3 días de transito	\$ 800.00
Licencia de exportación y Declaración Única Aduanera	Por paquete	\$ 130.00
Examen de aduana		\$ 150.00
Entrada a Estados Unidos	Por paquete	\$ 150.00
Garantías de Aduanas EEUU		\$ 95.00
ISF		\$ 55.00
ISF enlace simple		\$ 95.00
	<i>Subtotal Exportación</i>	<i>\$ 2,089.83</i>
IMPORTACIÓN		
Carga Marítima	\$1.80 por 0.03 m ³ (1 ft ³) o \$7.00 por 45.36 kg (100 lb)	\$ 264.60
Cuota por documentación	Cuota fija	\$ 50.00
Combustible de bajo azufre	\$0.09 por 0.03 m ³ (1 ft ³) o \$0.18 por 45.36 kg (100 lb)	\$ 13.23
Declaración de exportación de expendedor (Shipper's Export Declaration)		\$ 25.00
Recogida en lugar de competencia (Detroit)	3 días de transito	\$ 690.00
Papeleo de courier	Por vehículo de transporte	\$ 175.00
Pago en Guatemala por carga	6% de la carga total	\$ 73.06
Aduana importación Guatemala		\$ 130.00
Examen de aduana		\$ 150.00
Examen por selectivo rojo en Santo Tomás	Solo se incluye si paquete obtiene selectivo rojo	\$ 1,000.00
Transporte Santo Tomás a Guatemala		\$ 635.00
	<i>Subtotal Importación</i>	<i>\$ 3,205.89</i>
	<i>Total transporte</i>	<i>\$ 5,295.72</i>
	<i>Total transporte en Quetzales (cambio Q7.51*)</i>	<i>Q 40,247.47</i>

*Nota: tipo de cambio referente al establecido por el Banco de Guatemala el 18 de septiembre de 2016.

Fuente: Crowley Logistics

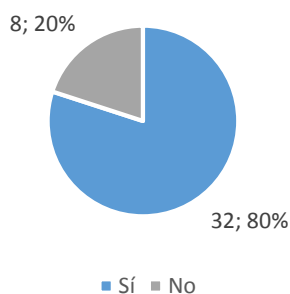
El total del costo del transporte puede variar dependiendo de donaciones hechas por parte de la empresa de transporte y lugar de la competencia. El total en Quetzales se hace en referencia al tipo de cambio del 18 de septiembre de 2016. Es necesario agregar que la fuente para la elaboración de este presupuesto fue Crowley Logistics.

H. Plan de marketing y estudio de mercado

Los resultados ilustrados a continuación, pertenecen a la encuesta realizada a 40 diferentes empresas escogidas al azar. Estas empresas desarrollan sus actividades en diferentes industrias. Al realizar la encuesta con cada empresa, se les adjuntaba un breve contenido teórico en forma de presentación Power Point. En esta presentación se presentaba las definiciones de: aporte a la sociedad, conciencia ambiental, reciclaje, emprendimiento y combustibles alternativos. (Ver anexos)

Figura 45: Resultados pregunta No.1 de encuesta

¿Está interesada su empresa o la empresa donde usted trabaja, en realizar actividades de responsabilidad social empresarial?



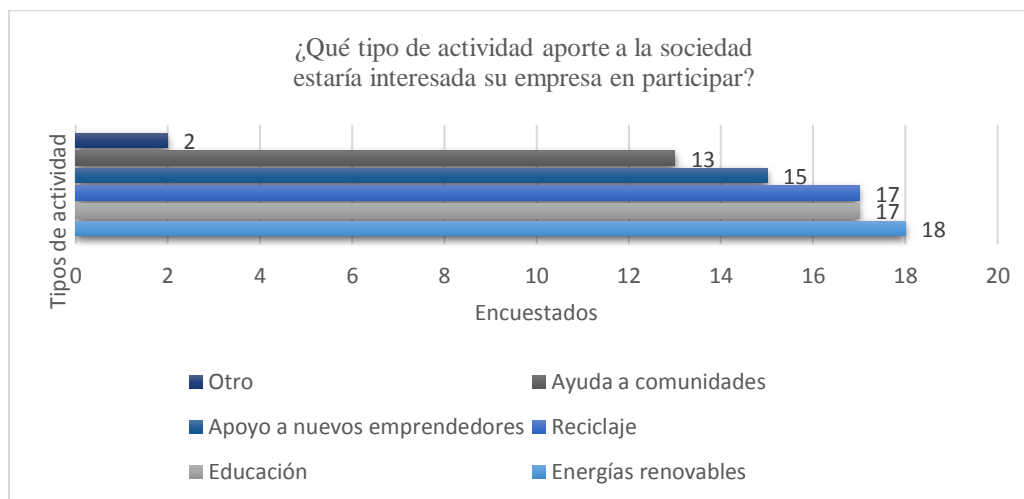
Como se puede observar la gráfica previamente expuesta, describe la tendencia de respuesta de los encuestados a la pregunta si su empresa está interesada en realizar actividades de ayuda social. Es evidente, con una relación de 4 a 1, que la mayoría de encuestados aseguran que las empresas en donde trabajan si se ven inclinadas por realizar actividad de responsabilidad social empresarial.

Figura 46: Resultados pregunta No.2 de encuesta



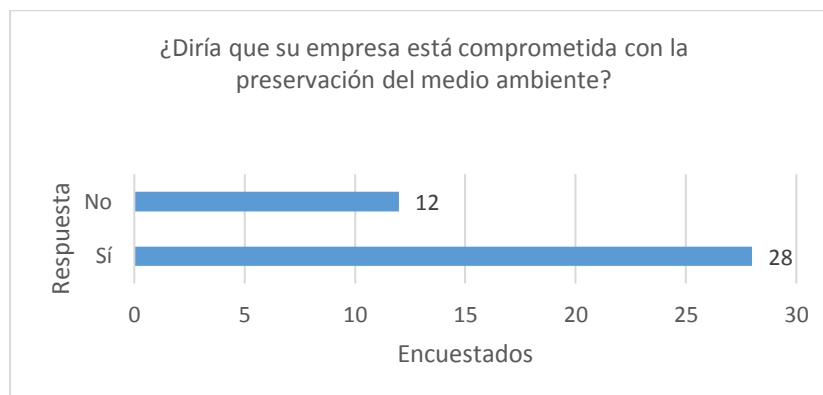
La gráfica perteneciente a la segunda pregunta de la encuesta, deja en evidencia si las empresas relacionadas con los encuestados estarían interesadas en realizar nuevos proyectos de aporte a la sociedad. Como se puede apreciar, el 85% de las respuestas, expresan un sí la presunta previamente aludida.

Figura 47: Resultados pregunta No.3 de encuesta



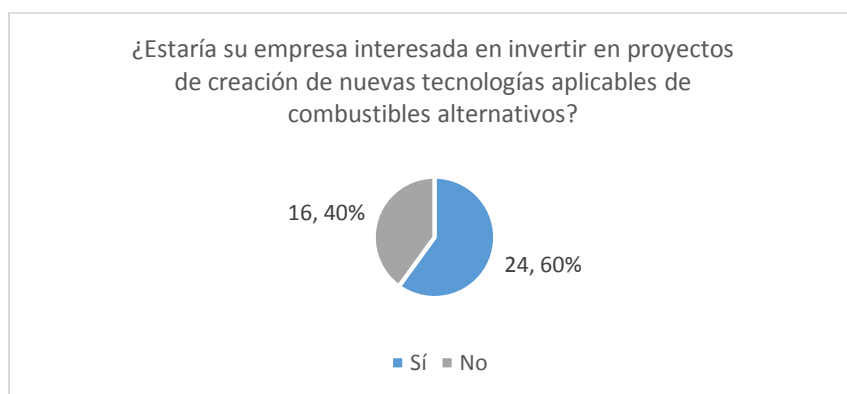
La tercera pregunta de la encuesta repartida, buscaba determinar en qué tipo de actividades de ayuda a la sociedad, le gustaría participar a las empresas vinculadas. Como se permite percibir en la gráfica anterior, el tipo de actividad mejor calificada fue la pertinente a proyectos de energías renovables, con 18 votos. A este tipo de actividad le sigue de cerca el tipo de actividades de reciclaje y educación con 17 nominaciones cada una. No obstante, las actividades de apoyo a nuevos emprendedores y ayuda a comunidades, fueron de igual forma bien acogidas con 15 y 13 votos respectivamente.

Figura 48: Resultados pregunta No.4 de encuesta



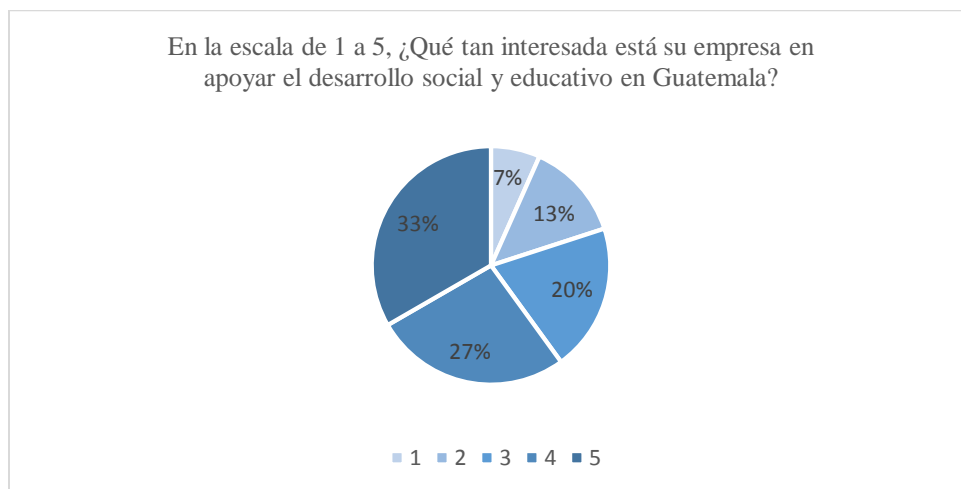
La gráfica previamente expuesta, evidencia las respuestas de los encuestados a la pregunta si su empresa está comprometida con la preservación del medio ambiente. Como se puede observar, 28 de las 40 personas interrogadas, afirmaron que sus empresas si poseen sentido de responsabilidad en lo que se refiere la conservación del medio ambiente. Esto representa un 70% de los votos.

Figura 49: Resultados pregunta No.5 de encuesta



Ahora bien, en lo que se refiere a las respuestas de la pregunta número 5 de la encuesta, como se permite ver en la anterior gráfica, el 60% de los encuestados, aseguraron que las empresas donde laboran estarían en efecto interesadas en participar de manera de inversión en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías aplicables de combustibles alternativos.

Figura 50: Resultados pregunta No.6 de encuesta



Por último, en lo que se refiere a la pregunta relacionada con la auto ponderación que atribuyen las empresas al interés en apoyar el desarrollo social y educativo en Guatemala; se analiza en la gráfica que el 33% respondieron con una puntuación máxima. De igual forma, se aprecia que mientras más alta sea la ponderación, mayor es el porcentaje de respuesta de los encuestados. En efecto, el 60% de los encuestados representan las dos ponderaciones más altas.

Cuadro 27: Análisis FODA

Fortalezas			Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> *Pioneros en Guatemala en el desarrollo de tecnología de inyección de etanol. * Único equipo que participa en la Shell Eco-marathon de Guatemala y Centroamérica. * Equipo multidisciplinario * Investigador principal con experiencia en la investigación y desarrollo de tecnología. 			<ul style="list-style-type: none"> * Falta de documentación de procesos. * Limitadas fuentes de ingresos. * Presupuesto limitado * Poco alcance mediático. * Carencia de cohesión con entidades copartícipes. * Naturaleza de responsabilidad social empresarial en desarrollo. * Falta de espacio de trabajo exclusivo para el proyecto.
Oportunidades	FODA		Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> *Creciente conciencia ambiental por parte de empresas. * Empresas cada vez más interesadas en desarrollar su responsabilidad social empresarial. *Escasa investigación y desarrollo en la utilización de etanol como combustible alternativo en Guatemala. 			<ul style="list-style-type: none"> * Proyectos de responsabilidad social empresarial mejor establecidos y formales. * Proyectos de inversión en nuevas tecnologías de combustibles alternativos más desarrollados.

Como se observa en el cuadro expuesto de manera anterior, el mismo detalla tanto las características internas como externas del proyecto Taq Balam. Dentro de las propiedades internas, se especifican en ambos cuartiles superior tanto las fortalezas como debilidades que posee el proyecto como organización. Seguidamente, en los semejantes inferiores, se contemplan las particularidades externas que mantiene el proyecto. Específicamente, se detallan las oportunidades y amenazas del mismo dentro de la explotación de un modelo de negocio.

Cuadro 28: Modelo CANVAS

Socios claves	Actividades claves	Propuesta de valor	Relación con los clientes	Segmentos de clientes
1. Patrocinadores 2. Inversionistas 3. Entidades Educativas 4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 5. Municipalidad de Guatemala 6. Emisoras de Radio 7. Canales de Televisión 8. Universidad del Valle de Guatemala	1. Asistencia a eventos de patrocinadores. 2. Investigar y Desarrollar nuevas tecnologías para el uso de energías renovables. 3. Giras departamentales de exposición del proyecto en entidades educativas. 4. Exposición en "Pasos y Pedales". 5. Exposición en medios de comunicación. 6. Promoción en redes sociales. 7. Actividades de exhibición en Universidad del Valle de Guatemala	1. Desarrollar tecnología para transformar un motor de gasolina de motocicleta convencional en un motor impulsado por etanol. 2. Ejercer como fuente de inspiración en jóvenes guatemaltecos para despertar su actitud emprendedora y de auto superación. 3. Aportar con herramientas y tecnología completamente aplicables en la vida cotidiana para tener un impacto significativo en el medio ambiente. 4. Crear una conciencia ambiental en la sociedad guatemalteca y fomentar una cultura de preservación ambiental. 5. Demostrarle al guatemalteco que si se lo propone es capaz de competir y destacar en cualquier disciplina a nivel mundial.	1. Mantener una relación especializada con cada uno de los patrocinadores. Tomando en cuenta sus requerimientos y exposiciones de marca. 2. Desarrollar un plan de presentación de avances en el desarrollo de la tecnología 3. Destacando siempre en cada evento del proyecto las entidades copartícipes que hacen posible el mismo.	1. Empresas interesadas en apostar por el desarrollo de nuestro país y en futuros agentes de cambio en el mismo, invirtiendo en su responsabilidad social empresarial. 2. Entidades interesadas en invertir en nuevas tecnologías, que sean completamente aplicables al mercado de motocicletas.
	Recursos clave	Estructura de costos	Canales	Fuentes de ingresos
	1. Vehículo para exponer con logos de copartícipes. 2. Tecnología a desarrollar inyector/carburador de etanol (patentes). 3. Miembros de quipo trabajo Taq Balam	N/A	1. Exposiciones sociales 2. Televisión 3. Radio 4. Facebook 5. YouTube	1. Ayuda financiera por parte de patrocinadores. 2. Capital de Inversionistas

Ahora bien, el cuadro que se presenta anteriormente, pertenece al modelo CANVAS realizado respecto al proyecto Taq Balam. En el mismo, se puede apreciar la sinergia entre todos los apartados, los cuales describen cada una de las partes del modelo de negocio del proyecto. Estas últimas se dejan enumerar desde los socios clave, hasta las fuentes de ingreso; tomando en cuenta la propuesta de valor y la relación con los clientes entre otros.

Cuadro 29: Perfil de entidad copartícipe de proyecto Taq Balam

Perfil entidades copartícipes Taq Balam
<i>Características demográficas</i>
<i>Características geográficas y sociales</i>
Ubicación de la compañía: La compañía de preferencia debe de ejercer en la ciudad capitalina da Guatemala, por cuestiones de accesibilidad y comunicación. Sin embargo, la compañía puede pertenecer a otro municipio o incluso a otro país, siempre y cuando existan los canales de comunicación necesarios para mantener una relación formal y continua.
Tipo de industria: No se limita a ningún tipo de industria.
Número de empleados: El tamaño de la empresa no es una característica que contemple mayor importancia y el mismo puede ser variado. En efecto mientras mayor sea la empresa tendrá una mayor capacidad de apoyo de colaboración con el proyecto.
<i>Características psicográficas</i>
<i>Lo que el cliente piensa y siente (Actitudes y creencias)</i>
Actualizados con la tecnología: De preferencia, la empresa debe de contar con un comportamiento inclinado al uso de tecnología y un interés vanguardista hacia la misma. Esto último para poder crear un vínculo de conexión mejor establecido con la entidad, ya que una de las facetas del proyecto es la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías.
Interés en involucramiento social: El perfil ideal de empresas copartícipes, debe de incluir que las mismas estén interesadas en el involucramiento social. En efecto, la empresa debe de aspirar a ser un agente de cambio en la sociedad guatemalteca y aportar en el desarrollo de la misma.
Detalles de su responsabilidad ambiental: La empresa debe de ser consciente y responsable de las repercusiones en el medio ambiente que conllevan sus actividades. En efecto, debe de existir el deseo de contribuir a la preservación del medio ambiente, realizado o involucrándose en proyectos a favor del cuidado de la naturaleza
Proyectos de responsabilidad social empresarial: Las empresas copartícipes, deben de ser empresas cuyo deseo es desarrollar y/o acrecentar sus actividades de responsabilidad social empresarial. No juega importancia si la empresa ya actúa en otros proyectos de responsabilidad social empresarial, pero se espera que utilicen la aleación con el proyecto para juntos poder desarrollar un beneficio social evidente
Son innovadores y creativos: Se busca que las empresas tengan un carácter innovador y creativo, para que ese aspecto juegue a favor de la alianza entre proyecto y entidad. Dentro del proyecto se aspira a poder alcanzar una sinergia de trabajo con la entidad copartícipe para así idealmente desarrollar juntos actividades de responsabilidad social empresarial y acrecentar cada vez más el impacto del proyecto.

Cuadro 30: Continuación de perfil de entidad copartícipe de proyecto Taq Balam

<i>Perfil de comportamiento</i>
<i>Lo que el cliente hace, sus razones de participación</i>
Beneficios buscados: Como principal beneficio, la entidad debe de buscar aportar al desarrollo social e intelectual en Guatemala. La compañía tiene que encontrar satisfacción siendo un agente de cambio en la sociedad del país, y desear un mejor futuro para todos los guatemaltecos. De igual forma, tiene que buscar el beneficio de aportar a la preservación del medio ambiente y querer convertirse en una compañía con un impacto ecológico positivo. De preferencia, las entidades coparticipes también deben de estar interesadas en el beneficio de aportar al desarrollo del humano, creando nuevas tecnologías cada vez más amigables con el medio ambiente. No obstante, dentro de los beneficios buscados de las empresas se pueden encontrar el mejoramiento de la imagen social de las mismas.
Razón de alianza: Poder realizar su responsabilidad social empresarial a través de Taq Balam y utilizar la alianza con el proyecto como publicidad social y ambiental para su empresa.
Frecuencia de aporte: Se desea allear al proyecto entidades que busquen una asociación perdurable. Esto quiere decir que se pueda contar con el aporte de la entidad en cada nueva fase del proyecto Taq Balam. No obstante, esto no debe de ser una limitante, ya que también son bienvenidas empresas cuyo interés se restringe en participar durante únicamente una fase.
<i>Reacción hacia la publicidad</i>
<i>Información para definir el acercamiento con la empresa</i>
Tipos de relaciones y alianzas de responsabilidad social empresarial: Empresas cuyo interés de participación sea en actividades de responsabilidad social empresarial con impacto en la educación, medio ambiente y desarrollo social.
En donde se encuentra dentro de su ciclo de negocio: No se especifica que tan desarrollada este la empresa. Cualquier tipo de empresa es bienvenido.
Estilo del negocio: No se limita a ningún estilo de negocio específico.

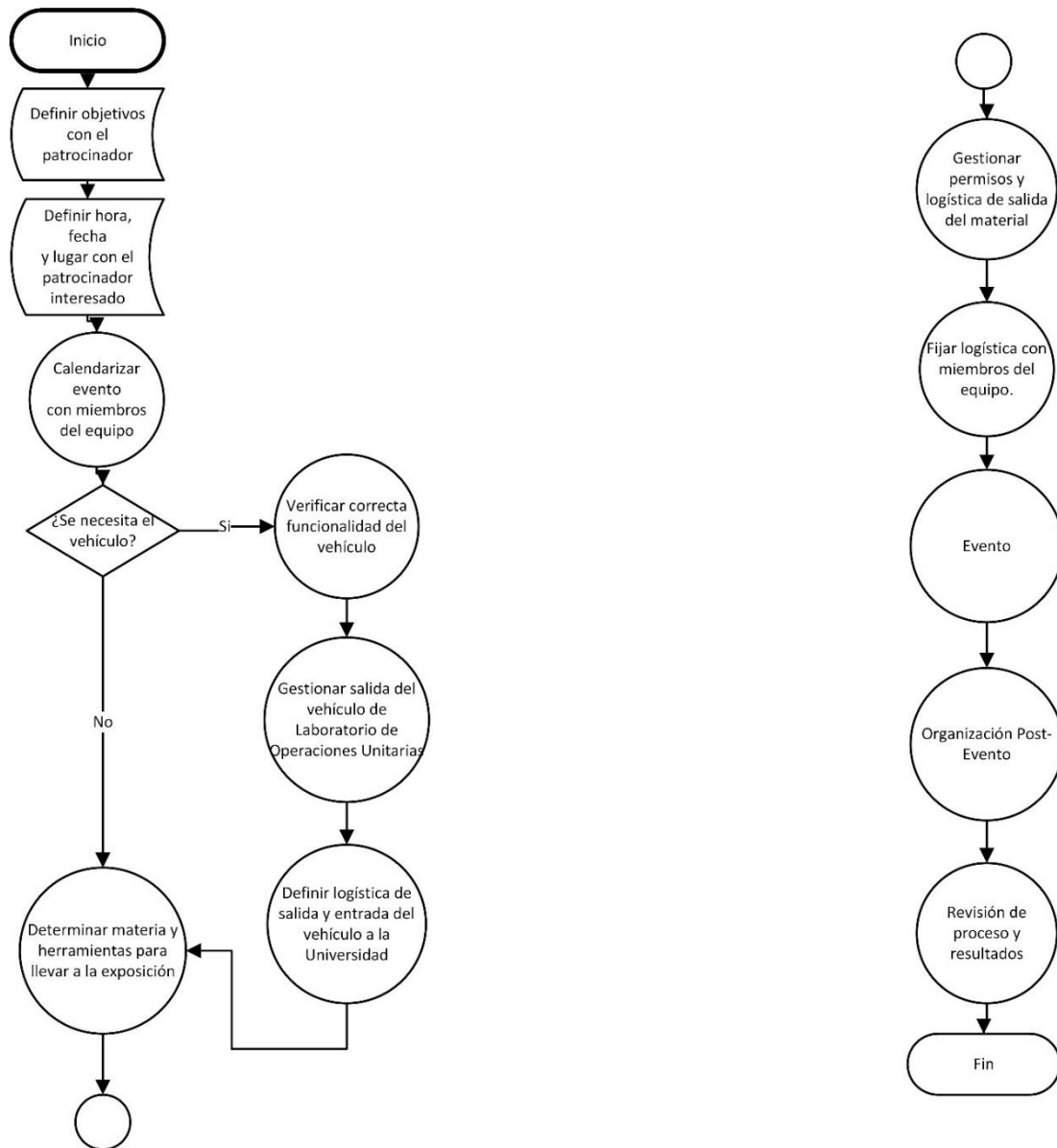
El Cuadro No. 8, hace mención al perfil optimo que puede tener una entidad copartícipe en el proyecto Taq Balam. Esto último basándose en las características demográficas, psicográficas, de comportamiento y la reacción que posee la empresa hacia la publicidad. Cabe mencionar, que los puntos a tomar en cuenta en aludido perfil, fueron obtenidos en el estudio de mercado y en experiencias pasadas con patrocinadores del proyecto.

I. Tipos de actividades de plan de comunicación

El primer tipo de actividad ilustrado, se refiere a la asistencia a un evento de marca de alguna entidad copartícipe o patrocinadora. Las actividades referidas a este tipo, sirven para explotar la exposición del convenio que existe entre el patrocinador y el proyecto. En efecto, la asistencia del proyecto Taq Balam debe de estar a disposición de cualquier patrocinador que esté interesado en la misma en algún evento relacionado con su marca.

Figura 51: Diagrama de flujo para evento de marca de patrocinador

Diagrama No:	10
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para evento de marca de patrocinador
Fecha de realización:	12 de septiembre de 2016
Elaboración:	Propia. proyecto Taq Balam



Cuadro 31: Especificación de tareas de actividad tipo evento de marca de patrocinadores

Tipo de actividad: Evento de marca de patrocinador				
Actividad: Exposición del proyecto en evento de marca de patrocinador X				
Lugar de ejecución: Instalaciones del patrocinador				
Tarea	Descripción	Precedente	Responsable	Duración
A. Definir objetivos con la Institución	En este punto se le debe de expresar al patrocinador los objetivos que se tienen con el evento. Así mismo el patrocinador debe de delimitar cuales son los objetivos de él.	–	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
B. Definir hora, fecha y lugar con el patrocinador interesado	Con la entidad interesada, no solo se debe de definir el lugar, hora y fecha; sino que también el tipo de evento a realizarse y las actividades del equipo Taq Balam en el mismo.	Tarea A	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
C. Calendarizar evento con miembros del equipo	Una vez exista la confirmación del evento con el patrocinador, se debe de calendarizar el día y hora del evento con todos los miembros del equipo, para asegurar la asistencia de todos. Esto se debe de efectuar con el mayor tiempo de antelación posible.	Tarea B	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	1 hora
D. Verificar correcta funcionalidad del vehículo	De haber sido establecido con el patrocinador la participación del vehículo en el evento, con días de antelación, se debe de corroborar que todos los componentes del vehículo funcionen correctamente. Esto para cerciorarse que el vehículo pueda realizar el recorrido establecido en el evento.	Tarea C	Equipo de ingenieros Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	12 horas
E. Determinar herramientas y utensilios necesarios para llevar al evento.	Bajo esto se especifica todos los instrumentos indispensables tanto para la exposición del proyecto Taq Balam, como para la manipulación del vehículo. Entiéndase bajo esto las herramientas mecánicas, equipo, material de promoción (baners, flyers, etc.), material de conductora (casco, traje, guantes, etc.), etc.	Tarea D	Equipo de ingenieros Administrativos, Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	4 horas
F. Gestionar permisos para salida de vehículo y materiales de la Universidad	Con aproximadamente dos días de antelación, se debe de gestionar los permisos necesarios con las autoridades de la universidad para poder sacar el vehículo y el material. Para ello se debe de pedir un pase de salida del material a la secretaria del Departamento de Ingeniería Química, firmado por el director del departamento.	Tarea E	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
G. Definir procedimiento de salida del vehículo y herramientas de la Universidad, así como su regreso.	En esta actividad de debe de establecer quién, cuándo y con qué automóvil se recogerá el vehículo y herramientas de la universidad para llevarlos al lugar del evento. De igual forma, se debe de planear la metodología para la devolución de estos una vez finalizado el mismo.	Tarea F	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas

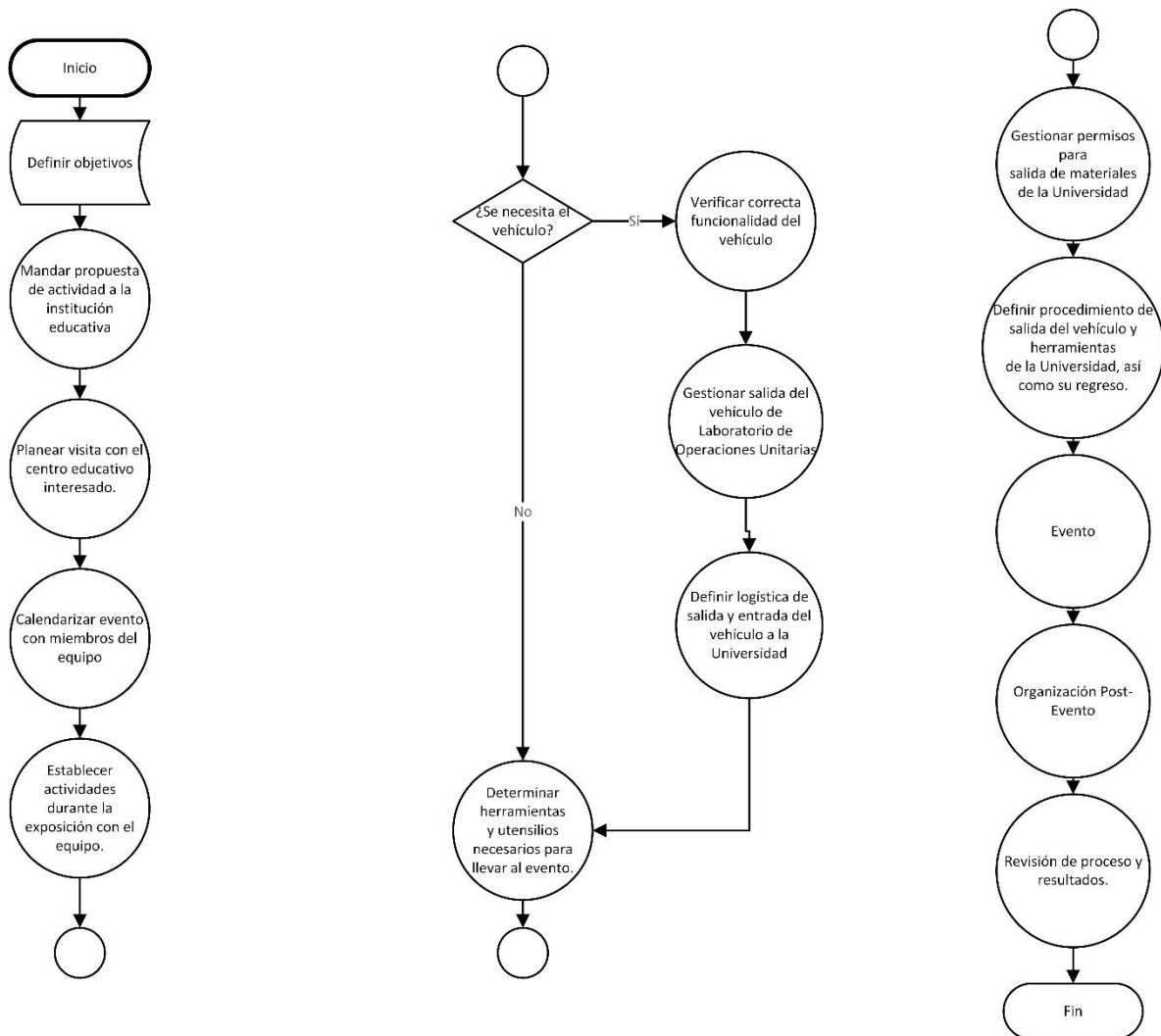
Cuadro 32: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo Evento de marca de patrocinadores

Tipo de actividad: Evento de marca de patrocinador					
Actividad: Exposición del proyecto en evento de marca de patrocinador X					
Lugar de ejecución: Instalaciones del patrocinador					
H. Fijar logística con miembros del equipo.	Se debe de realizar una última reunión con el equipo como mínimo un día antes del evento. Esto no solo para confirmar la asistencia de lo miembros, sino que también para definir horas de llegada, vestimenta y todo lo relacionado con la logística.	Tarea C	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas	
I. Evento	El día del evento, el equipo debe de estar a la hora establecida en el lugar establecido con todo el material preparado. La duración de esta actividad depende de los requisitos del patrocinador.	Tarea H	Todos los integrantes del equipo	3 horas	
J. Organización Post-evento	La presente tarea consiste en la organización una vez finalizado el evento. Léase bajo esto la devolución del vehículo y las herramientas.	Tarea I	Todos los integrantes del equipo	3 horas	
K. Revisión de proceso y resultado	En esta etapa se debe de verificar si el proceso fue ejecutado correctamente o si se pueden realizar mejoras en el mismo para siguientes eventos de este tipo. Así mismo se debe de medir si se alcanzaron los objetivos trazados al principio del proceso.	Tarea J	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas	
				Duración TOTAL:	193 horas 8 días hábiles

A continuación, se presenta tanto el diagrama de flujo como el cuadro PERT complementario, relacionado a la manera y procedimiento de ejecución para una visita a una institución educativa por parte del proyecto Taq Balam.

Figura 52: Diagrama de flujo para visita a una institución educativa

Diagrama No:	2
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para Visita a una institución educativa
Fecha de realización:	12 de septiembre de 2016
Elaboración:	Propia, Proyecto Taq Balam



Cuadro 33: Especificación de tareas de actividad tipo Visita a una institución educativa

Tipo de actividad: Visita a una institución educativa				
Actividad: Exposición del proyecto en centro educativo				
Lugar de ejecución: Colegio X en ciudad capital				
Tarea	Descripción	Precedente	Responsable	Duración
A. Definir objetivos con la Institución	En este punto se le debe de expresar al patrocinador los objetivos que se tienen con el evento. Así mismo el patrocinador debe de delimitar cuales son los objetivos de él.	-	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
B. Mandar propuesta de actividad a la institución educativa	Presentar una solicitud de evento a la institución educativa, especificando el tipo de actividad que se realizará con los niños, el tiempo estimado y los insumos necesarios para realizar la misma. (aula, mesas, materiales, espacio, etc.)	Tarea A	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
C. Planear visita con el centro educativo interesado.	Una vez aceptada la participación por el centro educativo, se debe establecer los términos del evento con el mismo. Entiéndase bajo esto no solo definir la fecha y hora, sino que también ahora de forma formal, la duración del evento y las actividades a realizar por parte del equipo Taq Balam durante el mismo. De igual forma se debe de puntualizar la logística con la institución a lo que se refiere material necesario (aulas, mesas, sillas, etc.) y el espacio requerido de existir una demostración del vehículo.	Tarea B	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	36 horas
D. Calendarizar evento con miembros del equipo	Una vez exista la confirmación del evento con el centro educativo, se debe de calendarizar el día y hora del evento con todos los miembros del equipo, para asegurar la asistencia de todos. Esto se debe de efectuar con el mayor tiempo de antelación posible. De igual forma se debe de informar de la actividad a realizar pactada con la institución.	Tarea C	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	1 hora
E. Establecer actividades durante la exposición con el equipo.	Se debe de establecer cuáles serán las actividades educativas y de exhibición que se realizará con los niños del centro educativo y los roles y responsabilidades que tendrá cada miembro del equipo durante el evento.	Tarea D	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	5 horas
F. Verificar correcta funcionalidad del vehículo	Con días de antelación, se debe de corroborar que todos los componentes del vehículo funcionen correctamente. Esto para cerciorarse que el vehículo pueda realizar el recorrido establecido en el evento.	Tarea C	Equipo de ingenieros Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	12 horas
G. Determinar herramientas y utensilios necesarios para llevar al evento.	Bajo esto se especifica todos los instrumentos indispensables, así como las herramientas mecánicas, equipo, material de promoción (baners, flyers, etc.), material de conductora (casco, traje, guantes, etc.), etc.	Tarea C, E	Equipo de ingenieros Administrativos, Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	4 horas

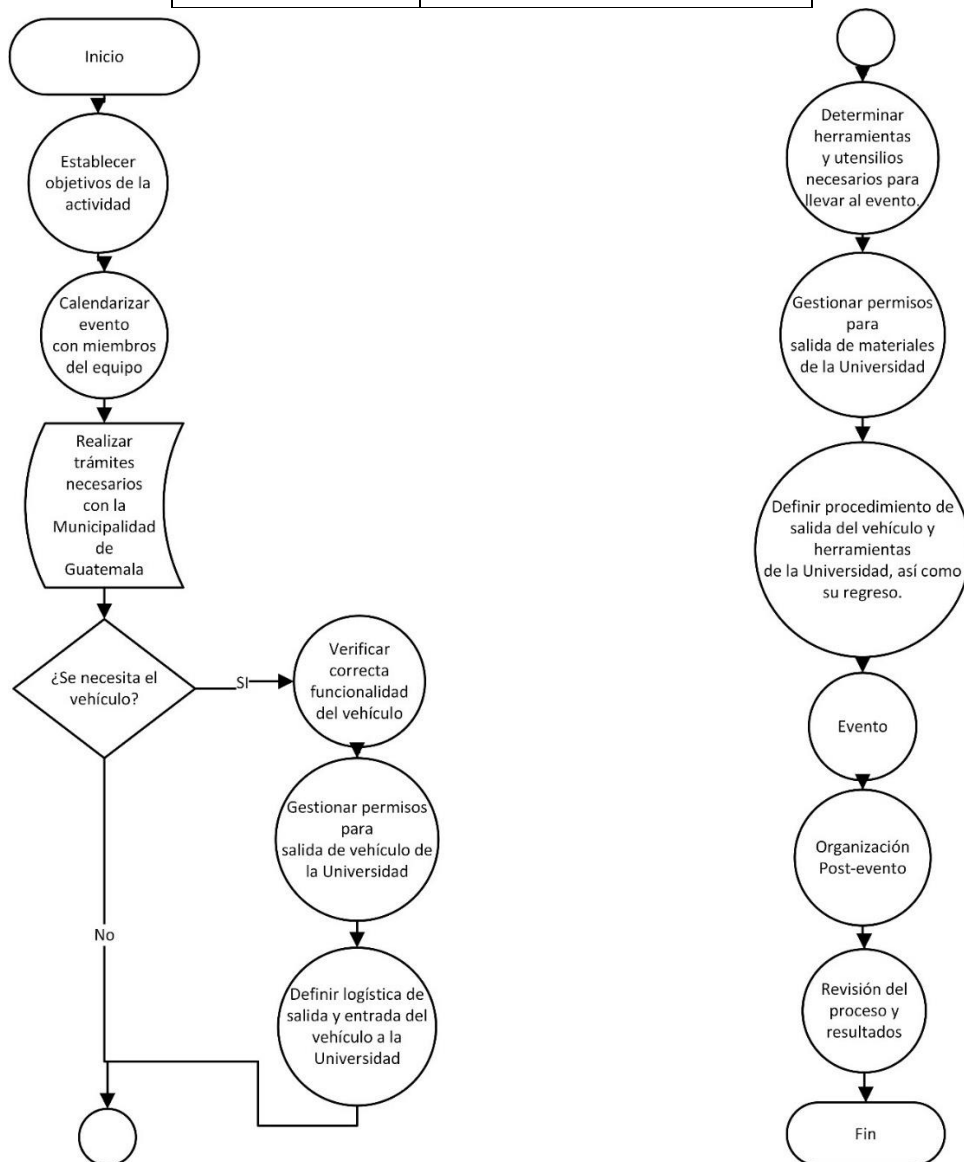
Cuadro 34: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo Visita a una institución educativa

Tipo de actividad: Visita a una institución educativa					
Actividad: Exposición del proyecto en centro educativo					
Lugar de ejecución: Colegio X en ciudad capital					
H. Gestionar permisos para salida de vehículo y materiales de la Universidad	Con aproximadamente dos días de antelación, se debe de gestionar los permisos necesarios con las autoridades de la universidad para poder sacar el vehículo y el material. Para ello se debe de pedir un pase de salida del material a la secretaria del Departamento de Ingeniería Química, firmado por el director del departamento.	Tarea F	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas	
I. Definir procedimiento de salida del vehículo y herramientas de la Universidad, así como su regreso.	En esta actividad de debe de establecer quién, cuándo y con qué automóvil se recogerá el vehículo y herramientas de la universidad para llevarlos al centro educativo. De igual forma, se debe de planear la metodología para la devolución de estos una vez finalizado el mismo.	Tarea E	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas	
J. Fijar logística con miembros del equipo.	Se debe de realizar una última reunión con el equipo como mínimo un día antes del evento. Esto no solo para confirmar la asistencia de los miembros, sino que también para definir horas de llegada, vestimenta, actividades con los niños y todo lo relacionado con la logística.	Tarea D	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas	
K. Evento	El día del evento, el equipo debe de estar a la hora establecida en el centro de educación con todo el material preparado. La duración de esta actividad depende de lo establecido con el colegio.	Tarea J	Todos los integrantes del equipo	3 horas	
L. Organización Post-evento	La presente tarea consiste en la organización una vez finalizado el evento. Léase bajo esto la devolución del vehículo y las herramientas.	Tarea K	Todos los integrantes del equipo	3 horas	
M. Revisión de proceso y resultado	En esta etapa se debe de verificar si el proceso fue ejecutado correctamente o si se pueden realizar mejoras en el mismo para siguientes eventos de este tipo. Así mismo se debe de medir si se alcanzaron los objetivos trazados al principio del proceso.	Tarea J	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas	
				Duración TOTAL:	231 horas 10 días hábiles

Ahora bien, en el siguiente espacio, se deja mostrar la secuencia de operación del tipo de actividad referente a una exposición social. De manera específica, se aprovecha a describir la manera de ejecución de la visita a la actividad de “Pasos y Pedales” de la municipalidad de Guatemala. Las herramientas utilizadas son un diagrama de operaciones, seguido por un cuadro PERT, el cual servirá como materia descriptiva de las actividades aparecidas en el diagrama de flujo operativo.

Figura 53: Diagrama de flujo para evento de exposición social en “Pasos y Pedales”

Diagrama No:	12
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para evento de exposición social en “Pasos y Pedales”
Fecha de realización:	12 de septiembre de 2016
Elaboración:	Propia, Proyecto Taq Balam



Cuadro 35: Especificación de tareas de actividad tipo Evento de exposición social en programa "Pasos y Pedales"

Tipo de actividad: Actividad de exposición social				
Actividad: Exposición en "Pasos y Pedales"				
Lugar de ejecución: Avenida las Américas ciudad de Guatemala				
Tarea	Descripción	Precedente	Responsable	Duración
A. Definir objetivos con la Institución	En este punto se le debe de expresar al patrocinador los objetivos que se tienen con el evento. Así mismo el patrocinador debe de delimitar cuales son los objetivos de él.	-	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
B. Calendarizar evento con miembros del equipo	Realizar una reunión con el todo el equipo para establecer una fecha en la que de preferencia todos los integrantes puedan asistir al evento de exposición social en "Pasos y Pedales". Esto se debe realizar con el mayor tiempo de antelación posible.	Tarea A	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	1 hora
C. Realizar trámites necesarios con la Municipalidad de Guatemala	Se debe de realizar los trámites y llenar la papelería necesaria con la municipalidad para poder obtener el espacio de exposición. Dentro de los trámites, se debe de adjuntar con dos semanas de antelación, el formulario extendido por la municipalidad, una carta del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Guatemala donde se solicita el espacio en la actividad social, copia de DPI del individuo responsable de la exposición del proyecto y copia del boleto de ornato del mimo. *Ver en Anexos el formulario del programa de "Pasos y Pedales"*	Tarea B	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	336 horas
D. Verificar correcta funcionalidad del vehículo	Con días de antelación, se debe de corroborar que todos los componentes del vehículo funcionen correctamente. Esto para cerciorarse que el vehículo pueda realizar el recorrido establecido en el evento.	Tarea C	Equipo de ingenieros Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	12 horas
E. Determinar herramientas y utensilios necesarios para llevar al evento.	Bajo esto se especifica todos los instrumentos indispensables, así como las herramientas mecánicas, equipo, material de promoción (baners, flyers, etc.), material de conductora (casco, traje, guantes, etc.), etc.	Tarea D	Equipo de ingenieros Administrativos, Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	4 horas
F. Gestionar permisos para salida de vehículo y materiales de la Universidad	Con aproximadamente dos días de antelación, se debe de gestionar los permisos necesarios con las autoridades de la universidad para poder sacar el vehículo y el material. Para ello se debe de pedir un pase de salida del material a la secretaria del Departamento de Ingeniería Química, firmado por el director del departamento.	Tarea E	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas

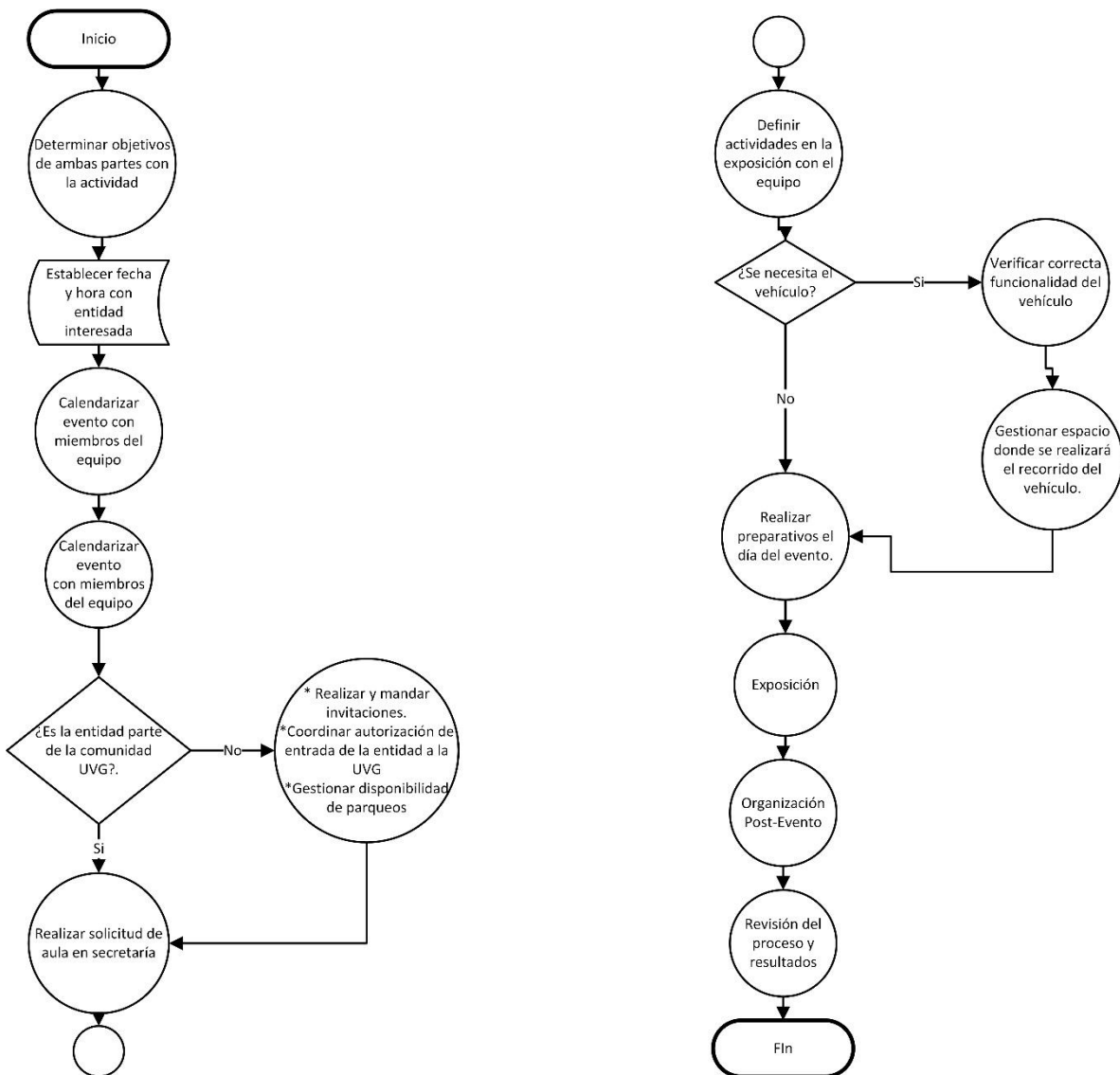
Cuadro 36: Continuación de especificación de tareas de actividad tipo evento de exposición social en programa “Pasos y Pedales”

Tipo de actividad: Actividad de exposición social				
Actividad: Exposición en "Pasos y Pedales"				
Lugar de ejecución: Avenida las Américas ciudad de Guatemala				
G. Definir procedimiento de salida del vehículo y herramientas de la Universidad, así como su regreso.	En esta actividad de debe de establecer quién, cuándo y con qué automóvil se recogerá el vehículo y herramientas de la universidad para llevarlos al centro educativo. De igual forma, se debe de planear la metodología para la devolución de estos una vez finalizado el mismo.	Tarea F	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
H. Fijar logística con miembros del equipo.	Se debe de realizar una última reunión con el equipo como mínimo un día antes del evento. Esto no solo para confirmar la asistencia de lo miembros, sino que también para definir horas de llegada, vestimenta y todo lo relacionado con la logística.	-	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
I. Evento	El día del evento, el equipo debe de estar a la hora establecida en el punto de reunión establecido con todo el material preparado. La duración de esta actividad lleva por lo general toda la mañana (8a.m.-1p.m.)	Tareas A, H	Todos los integrantes del equipo	5 horas
J. Organización Post-evento	La presente tarea consiste en la organización una vez finalizado el evento. Lease bajo esto la devolución del vehículo y las herramientas.	Tarea I	Todos los integrantes del equipo	3 horas
K. Revisión de proceso y resultado	En esta etapa se debe de verificar si el proceso fue ejecutado correctamente o si se pueden realizar mejoras en el mismo para siguientes eventos de este tipo. Así mismo se debe de medir si se alcanzaron los objetivos trazados al principio del proceso.	Tara J	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas
			Duración TOTAL:	459 horas 21 días hábiles

Cambiando el tipo de actividad perteneciente al plan de comunicación, se desarrollará ahora la actividad de “Exposición del proyecto en la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central”. Para ello se reitera la metodología utilizada en los tipos de actividad expuestas anteriormente. En efecto, se desarrolla y especifica el proceso de ejecución de la presente actividad con un diagrama de operaciones y un cuadro PERT.

Figura 54: Diagrama de flujo para evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala

Diagrama No:	13
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala
Fecha de realización:	12 septiembre de 2016
Elaboración:	Propia, Proyecto Taq Balam



Cuadro 37: Especificación de tareas de actividad tipo exposición del vehículo en Universidad del Valle

Tipo de actividad: Exposición del proyecto Taq Balam en Universidad del Valle Guatemala				
Actividad: Exposición del Vehículo en la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central				
Lugar de ejecución: Universidad del Valle de Guatemala Campus Central				
Tarea	Descripción	Precedente	Responsable	Duración
A. Definir objetivos con la Institución	En este punto se le debe de expresar al patrocinador los objetivos que se tienen con el evento. Así mismo el patrocinador debe de delimitar cuales son los objetivos de él.	–	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
B. Establecer fecha y hora con entidad interesada	Se deberá contactar con la entidad interesada, para establecer no solo la fecha y hora del evento, sino definir la actividad. Esto se debe de realizar con la mayor anticipación posible al día de la visita.	–	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
C. Calendarizar evento con miembros del equipo	Realizar una reunión con el todo el equipo para calendarizar la visita del colegio en la fecha establecida con el mismo. Aquí se asegura la asistencia de todos los miembros del equipo.	Tarea B	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	1 hora
D. Realizar gestiones con Universidad del Valle de Guatemala	Es necesario que se realice todas las diligencias necesarias con la Universidad. Para ello se debe de determinar si la entidad interesada es parte de la comunidad UVG o no. En el caso que no pertenezca a la comunidad UVG, se debe realizar y mandar las invitaciones, coordinar la autorización de entrada de la entidad interesada a las instalaciones de la Universidad y la coordinación de disponibilidad de parqueo para la misma, Ahora bien, en cualquier caso, se debe realizar la solicitud del aula necesaria para la exposición en secretaría o de ser necesario el espacio en la plaza "Paiz Riera", Así mismo gestionar espacio donde se hará el recorrido del vehículo, etc.	Tarea C	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
E. Definir actividades en la exposición del proyecto con el equipo	Se debe de definir las actividades que se realizarán durante la exposición. Esto dependerá estrictamente de los visitantes, para adaptar la presentación a sus características y requisitos.	Tarea D	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	5 horas
F. Verificar correcta funcionalidad del vehículo	Con días de antelación, se debe de corroborar que todos los componentes del vehículo funcionen correctamente. Esto para cerciorarse que el vehículo pueda realizar el recorrido establecido en la exposición.	Tarea E	Equipo de ingenieros Químicos, Mecánicos y Mecatrónicos	12 horas

Cuadro 38: Continuación especificación de tareas de actividad tipo Exposición del vehículo en Universidad del Valle

Tipo de actividad: Exposición del proyecto Taq Balam en Universidad del Valle Guatemala				
Actividad: Exposición del Vehículo en la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central				
Lugar de ejecución: Universidad del Valle de Guatemala Campus Central				
G. Realizar preparativos el día del evento.	Alistar todo el material a utilizar en el salón solicitado. De igual forma gestionar la salida de todos los insumos necesarios para la exposición del Laboratorio de Operaciones Unitarias (equipo de piloto, cables para presentación, equipo de exposición, banners, flyers, etc.)	Tareas B, E, F	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas
H. Exposición	Llevar a cabo la exposición, ejecutando todas las actividades establecidas.	Tarea G	Todos los integrantes del equipo	2 horas
I. Organización Post-evento	La presente tarea consiste en la organización una vez finalizado el evento. Léase bajo esto la devolución de todos los insumos y herramientas utilizadas durante la exposición	Tarea H	Todos los integrantes del equipo	1 horas
J. Revisión de proceso y resultado	En esta etapa se debe de verificar si el proceso fue ejecutado correctamente o si se pueden realizar mejoras en el mismo para siguientes eventos de este tipo. Así mismo se debe de medir si se alcanzaron los objetivos trazados al principio del proceso.	Tarea I	Equipo de ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas
				143 horas
Duración TOTAL:				6 días hábiles

Como último asunto dentro de las actividades incluidas en el diseño del plan de comunicación del proyecto Taq Balam, se expone a continuación, con ayuda de un diagrama de operaciones y un cuadro PERT; la manera de emprender el proceso para una entrevista en algún medio de comunicación.

Figura 55: Diagrama de flujo para evento de exposición en Universidad del Valle de Guatemala

Diagrama No:	14
Método:	Propuesto
Descripción:	Proceso para entrevista en medios de comunicación
Fecha de realización:	12 de septiembre de 2016
Elaboración:	Propia. Proyecto Taq Balam



Cuadro 39: Especificación de tareas de actividad tipo entrevista a medios de comunicación

Tipo de actividad: Entrevista a medios de comunicación				
Actividad: Entrevista en programa televisivo				
Lugar de ejecución: Set de grabación de programa televisivo				
A. Establecer condiciones y objetivos de ambas partes de la actividad	La primera parte del proceso es delimitar el objetivo del proyecto con la entrevista y que desea el medio de comunicación con la misma. De igual forma, establecer las condiciones del evento como fecha y hora de publicación.	-	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	24 horas
B. Establecer fecha y hora de entrevista con encargado del medio de comunicación	Se debe de establecer con el programa la fecha, hora y lugar de la entrevista. De igual forma definir si se debe de compartir material informativo acerca del proyecto como fotos, videos, etc. Así mismo aclarar cuantos miembros del equipo pueden atender la entrevista.	Tarea A	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	48 horas
C. Calendarizar evento con miembros del equipo	Realizar una reunión con el todo el equipo para calendarizar la entrevista. Se debe de establecer que miembros del equipo atenderán a la misma.	Tarea B	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	1 hora
D. Entrevista	El día de la entrevista asistir con el suficiente tiempo de antelación al lugar establecido.	Tarea C	Todos los integrantes del equipo	2 horas
E. Medición de impacto generado	Una vez publicada la entrevista en el medio de comunicación, se debe de pedirle al mismo un reporte de audiencia. Así mismo verificar si se hubo un aumento en la comunidad de seguidores de la página oficial de Taq Balam en Facebook después de la publicación del material.	Tarea D	Equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración	2 horas
Duración TOTAL:				77 horas 3 días hábiles

El siguiente cuadro, deja evidenciar el índice de contenido que debe de incluir el informe extendido a todas las entidades copartícipes del proyecto una vez finalizada la competencia. Cabe mencionar, que se definió la siguiente información tanto por conciliación con el Ing. José Andrés Hernández, como por experiencias de etapas pasadas. Ahora bien, el contenido del informe puede verse modificado levemente o en efecto, puede ser incluida cualquier materia que se crea pertinente en la etapa vinculada.

Cuadro 40: Índice de contenido de informe a patrocinadores post competencia

Índice de contenido de informe a patrocinadores post competencia
Introducción
Resultados
Integrantes del equipo y puestos
Diseño y construcción
Mejoras realizadas al vehículo
Carrocería
Mecánica
Chasis
Sistema/componentes eléctricos
Sistema de dirección/Timón
Sistema de seguridad
Galería de imágenes de progreso del proyecto Taq Balam en todas sus etapas
Lista de patrocinadores
Agradecimientos
Links y fotos
Página oficial de Facebook de Taq Balam
Informe de costos
Transporte del vehículo
Mejoras al vehículo
Repuestos y comunicación
Viáticos de todos los integrantes del equipo
Boleto del catedrático/investigador principal
Nuevos proyectos
Oportunidades

Una vez entregado el informe post competencia a todos los patrocinadores oficiales del proyecto, se debe de realizar un pequeño análisis forense de retroalimentación. Esto último, ya que la opinión de las entidades copartícipes en el proyecto es importante y se desea saber cuál es su veredicto acerca de las actividades realizadas y los resultados alcanzados durante la fase. Para ello, se puede realizar una pequeña encuesta a los patrocinadores donde los mismos puedan expresar su ponderación en temas del proyecto y dar sugerencias o comentarios al mismo. Un formato de encuesta realizado se expone a continuación.

Cuadro 41: Encuesta de retroalimentación de patrocinadores

Encuesta de informe a patrocinadores post competencia
Utilizando las ponderaciones: a) Muy bueno, b) bueno, c) regular, d) malo; califique las siguientes preguntas.
1. ¿Cómo califica el rendimiento de Taq Balam en la SEM? _____
2. Desde su punto de vista, ¿cómo considera que fueron las mejoras al vehículo? _____
3. ¿Cómo considera que fue utilizado el recurso aportado al proyecto? _____
4. ¿Cómo califica la retroalimentación de Taq Balam con su entidad durante el año? _____
Responder las siguientes preguntas con: Si o No
5. ¿El resultado del proyecto lleno sus expectativas? _____
¿Por qué? _____
6. ¿Está interesado continuar apoyando al proyecto Taq Balam? _____
Extienda su opinión.
7. ¿Qué le gusta del proyecto? _____
8. ¿Qué aspectos considera usted que se deben de mejorar? _____ _____

Los resultados obtenidos en la encuesta, deberán de ser tabulados y presentados dentro del equipo, para poder así delimitar e implementar mejoras en el desarrollo de las actividades de Taq Balam.

J. Procesos administrativos de preparación, inscripción e inspecciones técnicas de Shell Eco-marathon

A continuación, se detalla a través de un cronograma, la secuencia y tiempos de ejecución de las actividades principales de cada uno de los miembros del equipo antes de la competencia. Las fechas límite establecidas, funcionan como una propuesta de cumplimiento y toman en cuenta tiempo de holgura para cualquier imprevisto que se pueda presentar. En aludida herramienta, se toma en cuenta las actividades de un ingeniero químico, un ingeniero mecánico, un ingeniero mecatrónica y dos ingenieros industriales o en ciencias de la administración. Cabe mencionar que, por cuestiones de espacio, el cronograma es partido en dos piezas. En ambas partes, las casillas rellenas en rojo, representan la fecha límite en la cual el vehículo debe de ser entregado a la compañía de transporte para cumplir con las fechas necesarias para el envío del vehículo a la competencia.

Cuadro 43: Continuación de cronograma con actividades de cada miembro del equipo

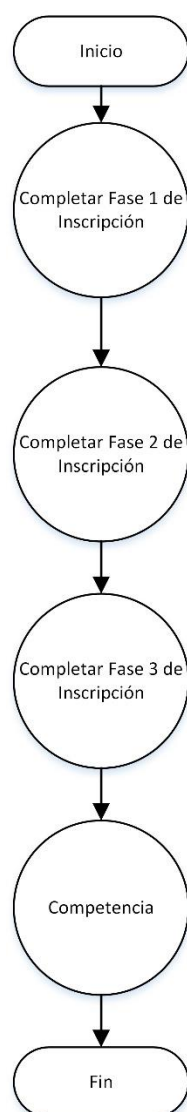
		julio				agosto				septiembre				octubre				noviembre				diciembre				enero				febrero				marzo				abril			
		semana																																							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ingeniero en Ciencia de la administración 1	Conocer a detalle el funcionamiento administrativo del equipo.	■	■	■	■																																				
	Coordinar y ejecutar presupuestos y procedimiento de compras					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Búsqueda y obtención de nuevos patrocinadores					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Documentación de herramientas y repuestos para SAT																																								
	Coordinación de transporte del vehículo con empresa de transporte													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ingeniero en Ciencia de la administración 2	Conocer a detalle el funcionamiento administrativo del equipo.	■	■	■	■																																				
	Ejecución de etapas de inscripción digital en la Shell Eco-marathon									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Diseñar y ejecutar un plan de mercadeo y comunicación del proyecto a nivel Guatemala					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Coordinación de eventos para publicitar el proyecto					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Manejar redes sociales					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Diseñar plan de acción para competencia Shell Eco-marathon																																					■	■	■	■

A continuación, se presenta el cronograma perteneciente las fechas de las etapas de inscripción digital, establecidas por la Shell Eco-marathon. Estas fases de inscripción, deben de ser realizadas en la página oficial de la Shell, respetando las fechas de cada una. Cabe mencionar que las fases son dependientes entre sí, por lo que se deben de cumplir con la presente para poder completar la siguiente. La celda rellena de color rojo, representa la fecha límite para darse de baja de la competencia. De no hacerlo antes de esa fecha, la organización penalizará al equipo con no dejarlo participar en la competencia del siguiente año.

A continuación, se detalla el diagrama de operaciones relacionada con la mera de efectuar las 3 diferentes etapas de inscripción en la Shell Eco-marathon. Cabe mencionar, que aludidas fases se realizan de manera digital a través de la página oficial de la competencia.

Cuadro 45: Diagrama de flujo para procedimiento de inscripción a Shell Eco-marathon

Diagrama No:	15
Método:	Propuesto
Descripción:	Procedimiento de completar inscripción a Shell Eco-marathon
Fecha de realización:	23 septiembre de 2016
Elaboración:	Propia. Proyecto Taq Balam



Como complemento al diagrama presentado anteriormente, referido al procedo de inscripción del equipo Taq Balam para la competencia Shell Eco-marathon, se da la siguiente descripción de cada tarea que lo conforma.

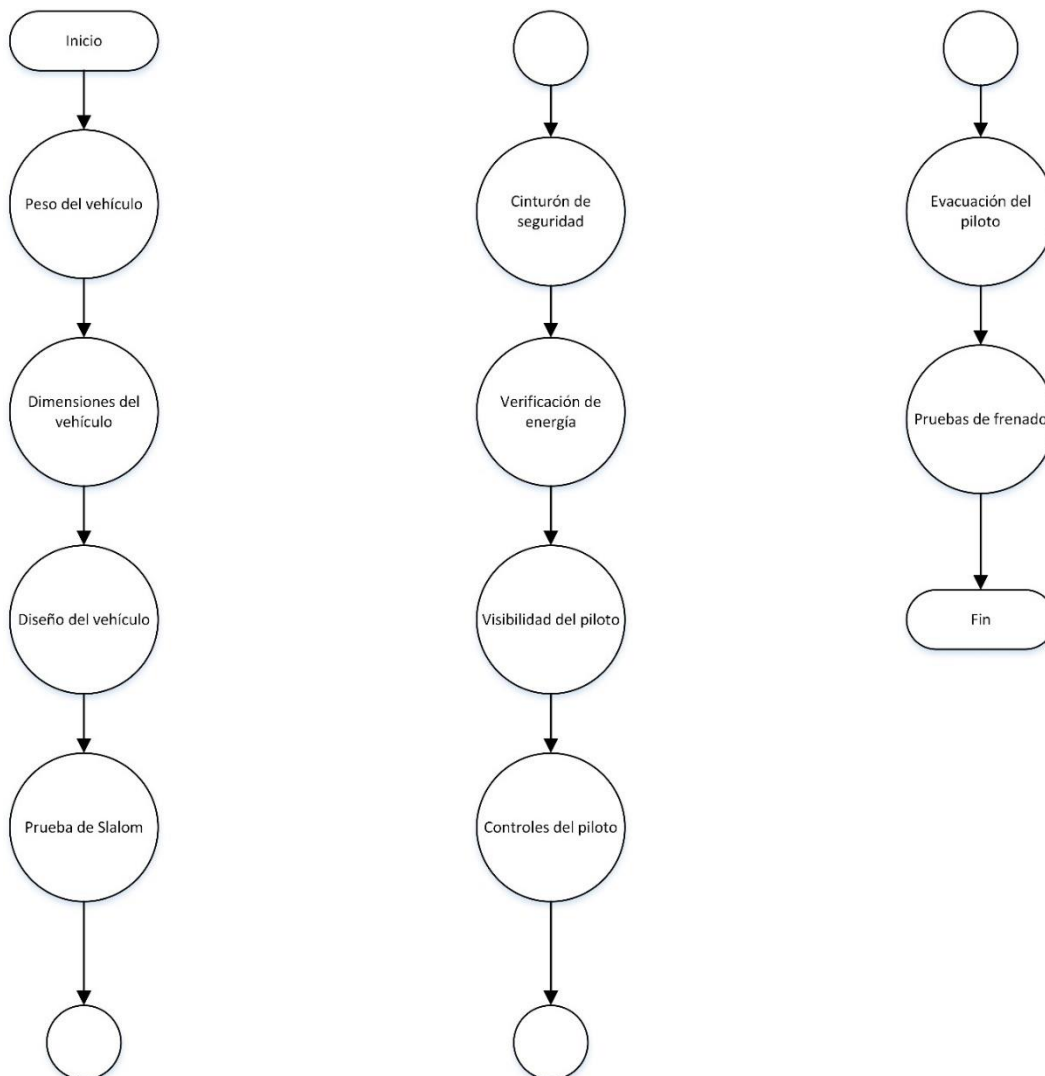
- Completar Fase 1 de Inscripción: el equipo de Ingenieros en Ciencia de la Administración de Taq Balam, deben de iniciar la matriculación del equipo para la Shell Eco-marathon del siguiente año. Para ello, debe de utilizar el usuario y contraseña ya establecidos para ingresar a la página oficial de la competencia y llenar toda la información relacionada con la primera fase. Dicha información se refiere a información básica del vehículo, detalle de contactos, fotos y diseños del vehículo, y constancia de participación aprobada por la Universidad del Valle de Guatemala. Como se muestra en el cronograma anterior, se dispone de la última semana de agosto hasta la segunda semana de octubre, para poder completar la primera fase de inscripción.
- Completar Fase 2 de Inscripción: una vez realizada la primera fase de inscripción, los administradores deben de llenar los requisitos impuestos por la Shell Eco-marathon en la segunda fase de inscripción. La misma precisa de información más específica acerca del funcionamiento del vehículo. Puntualmente, se debe de establecer el sistema de combustible y el sistema eléctrico, los cuales serán evaluados y aprobados o declinados por el equipo técnico de Shell. Así mismo, en esta etapa es altamente necesario que todo el equipo lea a detalle el primer capítulo de las reglas de la Shell Eco-marathon. Las fechas para realizar la segunda fase de inscripción son de la última semana de octubre a la primera de diciembre.
- Completar Fase 3 de Inscripción: la tercera y última fase de la inscripción se relaciona con la logística y llegada del equipo y del vehículo a la competencia. Como primer punto se debe de otorgar detalles del proyecto, miembros del equipo y participación. Posteriormente, se debe de delimitar la manera de arribo del vehículo al centro de convenciones. Así mismo, la competencia solicita saber si el equipo planea quedarse a acampar en el centro de convenciones o si su estadía durante la competencia será en un hotel. Por último, en la presente fase es de igual forma indispensable mandar una copia de la licencia de conducir de los pilotos. La fase tres de inscripción está abierta desde la tercera semana de diciembre a la segunda semana de marzo del siguiente año. Cabe mencionar que la última fecha de abandono de participación del equipo, se encuentra en la tercera semana de marzo del año de la competencia. De no informar deserción de participación, la competencia penalizará al equipo con no otorgarle permiso para participar en la competencia del año siguiente.
- Competencia: Durante la última semana de abril, se llevará a cabo la competencia Shell Eco-marathon en el Cobo Center de Detroit, MI, Estados Unidos. Para poder participar el equipo deberá haber realizado todo el procedimiento de inscripción necesario.

Ahora bien, cambiando la materia en explicación, ahora se presenta un diagrama de flujo referente a la manera de ejecución de las 10 etapas de la inspección técnica en la competencia. Cabe mencionar que,

si no se logra pasar una de las etapas referidas, el equipo debe de regresar al área de “paddock” para realizar las mejoras necesarias en el vehículo para sobrepasar la prueba fallida.

Figura 56: Diagrama de Flujo para procedimiento de completar Inspecciones técnicas en Shell Eco-marathon

Diagrama No:	16
Método:	Propuesto
Descripción:	Procedimiento de completar Inspecciones técnicas en Shell Eco-marathon
Fecha de realización:	23 septiembre de 2016
Elaboración:	Propia. Proyecto Taq Balam



Suplementando en información al diagrama expuesto con anterioridad, referido a las inspecciones técnicas de la Shell Eco-marathon, se presenta la siguiente descripción de tareas las cuales conforman al mismo.

- **Peso del vehículo:** en la presente etapa de la inspección general, los oficiales de la Shell Eco-marathon realizan un control de peso al vehículo. Como única condición en este rubro se encuentra una limitante de peso máximo. Específicamente, el vehículo no puede sobrepasar los 140 kg. Así mismo, como información pertinente para esta área, el piloto no puede pesar menos de 50 kg.
- **Dimensiones del vehículo:** en lo que se refiere a esta prueba, se supervisa que las dimensiones del vehículo se encuentren dentro de los límites oficiales de la competencia. Está permitido que el vehículo tenga una altura máxima de 100cm. De igual forma la altura máxima no puede sobrepasar 1.25 veces la anchura del rastro del vehículo. En lo que se refiere a las dimensiones de largo y ancho del vehículo, estas no pueden ser mayor a 350 y 130 centímetros respectivamente. Así mismo la distancia entre ruedas debe de ser al menos de 50 cm y la distancia entre los ejes mayor o igual a 100 cm.
- **Diseño del vehículo:** las autoridades de la Shell Eco-marathon, realizan una inspección detallada del diseño del vehículo. Aludidas inspección contempla las siguientes condiciones. Como primer punto el vehículo debe de tener mínimo 3 ruedas y máximo 4. Así mismo las autoridades verifican si la entrada de aire se encuentra libre de obstrucciones y que la batería este correctamente fijada al vehículo. También, se cerciora que los paneles del vehículo no cambien de forma con el viento y que la recámara del piloto este completamente aislada del bastidor de energía. Sumándole a esto, el embriague debe de funcionar correctamente y debe de existir una guarda en la cadena. Se verifica el sistema refrigerante del vehículo, así como que las instalaciones eléctricas sean seguras. De igual forma se chequean cosas tales como que el piso del vehículo sea sólido, que se pueda evacuar de manera segura, que el vehículo no cuente con fuentes de energías auxiliares, que no tenga ninguna bomba eléctrica (de aceite, agua o combustible) y que las ruedas estén libres de contacto con cualquier elemento. Como parte importante en el presente rubro de inspección, se debe de asegurar que no exista ningún borde afila dentro o fuera del vehículo. Como últimos aspectos, se verifica la visibilidad y funcionalidad de la luz roja, la solidez general del vehículo, la resistencia a llamas del chasis, elementos generales del circuito eléctrico y que el vehículo este completamente cubierto.
- **Prueba de slalom:** para la prueba de slalom, se verifican aspectos generales de la maniobrabilidad del vehículo. Específicamente, la presente etapa de la inspección técnica se conforma de los siguientes puntos. Giro eficiente sin manipulación exterior, radio máximo de giro de 8 metros y que el giro lo realicen únicamente las llantas delanteras. Sumándole a esto, los inspectores de la competencia verifican en esta prueba la eficiencia de pilotaje de ambos pilotos.
- **Cinturón de seguridad:** en la prueba del cinturón de seguridad, el equipo debe de cumplir con los siguientes requisitos. Como primer punto, el chasis debe de ser lo suficientemente vasto para proteger al piloto en caso de alguna colisión. De igual forma, se verifica que el arnés de seguridad este correctamente diseñado e instalado en el vehículo. Para ello el mismo debe de contar con un mínimo de 5 puntos de anclaje, que la barra estabilizadora (“roll bar”) se extienda 5 centímetros por encima

del casco del piloto y que la misma sea por lo menos de la anchura de los hombros. Así mismo se examina que la barra estabilizadora este correctamente soldada al chasis y que soporte 70 kg de fuerza en todas direcciones.

- Verificación de energía: la presente etapa de inspección se refiere estrictamente al sistema de propulsión del vehículo. En específico se revisa elementos del motor y sus elementos. Léase bajo esto el volumen del sistema de combustible, que el tanque de combustible sea el oficial de la competencia y la posición del mismo, el inyector/carburador y que el tanque se encuentra por lo menos 5 cm por debajo de la barra estabilizadora. Cabe mencionar que está estrictamente prohibido utilizar motores de dos tiempos. No obstante, en esta etapa técnica, se revisa también la correcta funcionalidad del “Dead man’s switch”, la eficiencia del sistema de apagado de emergencia tanto interior como exterior y que las mangueras sean translucidas.
- Visibilidad del piloto: la presente prueba se realiza con el piloto dentro del vehículo y tiene como objetivo verificar si la visibilidad del mismo cumple con los parámetros establecidos. Como primer punto, el piloto debe de tener un radio de visibilidad de 180 grados. De igual forma, el vehículo debe de contar con dos espejos retrovisores de un área de 25cm^2 . Cabe mencionar que esta prueba debe de ser completada por ambos pilotos
- Controles del piloto: En lo que se refiere a los controles del piloto, se realizan inspecciones a ambos pilotos en lo que se refiere a equipo de seguridad (mono, guantes, casco, visor o protector de cara y zapatos adecuados). De igual forma en esta etapa de la inspección se realizar un peso a ambos pilotos que no sobrepase los 50 kg y se revisa que tanto los logos de Shell como el número de carrear estén tanto enfrente como a ambos lados del vehículo. Así mismo contempla que ninguna calcomanía de patrocinador tenga un área mayor a 400cm^2
- Evacuación del piloto: la presente prueba consta en verificar que ambos pilotos sean capaces de evacuar el vehículo en menos de 10 segundos. De igual forma se verifica la calidad de la apertura y cerradura del visor con la carrocería.
- Pruebas de frenado: en la parte de frenada, se examina la efectividad de los frenos delanteros y traseros. Para ello se analiza el sistema de frenado de cada rueda y se verifica la eficiencia y ergonomía de los frenos.

Ahora bien, a continuación, se presenta una hoja de registro de las inspecciones técnicas de la Shell Eco-marathon. Cabe mencionar, que en ningún documento de la Shell se especifica el procedimiento de las inspecciones técnicas de una manera tan detallada. En efecto la información fue obtenida durante la competencia del año 2016, donde se documentó todos los componentes de cada una de las diez etapas de la inspección.

Cuadro 46: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon

Hoja de Registro Inspecciones Técnicas Shell Eco-marathon

Fecha: _____ Hora: _____ Número de corrida: _____

Nombre de Registrador: _____

No. de inspecciones superadas al iniciar: _____ No. de inspecciones superadas al finalizar: _____

Prueba	Superado		Comentario
	Sí	No	
Vehicle weight			
Maximum weight 140 kg			
Vehicle dimensions			
Maximum height 100 cm			
Maximum height 1.25 times track width			
Maximum length 350 cm			
Maximum width 130 cm			
Track width minimum 50 cm			
Wheelbase minimum 100 cm			
Vehicle design			
3 or 4 wheels			
Additional joulemeter: yes or no			
Air intake free of obstructions			
Appropriate dimension and fixing			
Battery correctly fixed on the vehicle			
Body panels will not change shape in wind			
Bulkhead isolates energy/driver compartments			
Cannot propel vehicle			
Certificate of validity			
Chain/belt guard			
Clutch effective			
Coolant system: Unpressurised water only			
Electrical protection/fuse			
Energy system not accessible by driver			
Evacuated to outside			
Hybrid vehicle: yes or no			
Hybrid: external connectors			
Hybrid: nominal 48 volts (maximum 60 volts)			
Hybrid: super capacitor			
Mandatory solid floor and frame			
No auxiliary energy sources			
No blow-by gas recycling			
No electrical or pneumatic energy			
No electrical pump: oil/water/fuel			
No external/internal sharp edges			
No mobile aerodynamic appendages			
Nominal 48 volts (maximum 60 volts)			
Not in driver compartment			
Noting in contact with the wheel			
Only one Battery			
Quality of windows			
Red light is visible			

Cuadro 47: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon parte dos

Prueba	Superado		Comentario
	Sí	No	
Red light works correctly			
Rigid and fire resistant bulkhead			
Solid			
Solidly attached			
Vehicle fully covered			
Wheels isolated from driver			
Wiring/electrical circuit			
Slalom Test			
Efficient steering without play			
If indirect – backup present			
Maximum turn radius 8 m			
Only front wheel steering			
Test driver 1 efficiency			
Test driver 2 efficiency			
Safety belts			
Body is wide and long enough to protect driver			
Correctly designed			
Correctly installed			
Minimum 5 points			
Roll bar extend 5 cm above driver helmet			
Roll bar extends width driver shoulders			
Roll bar withstands 70 kg of force from all directions			
Solid fixing to chassis			
Energy verifications			
2 Stroke engines are forbidden			
Confirm energy type			
Dead man's switch			
Efficiency of emergency shutdown (external)			
Efficiency of emergency shutdown (internal)			
Emergency shutdown latching red push button easily accessible			
Fuel system volume (fuel tank + line, carburetor, injector)			
Fuel tank accessible and easy to fill in-situ			
Fuel tank top at least 5 cm below roll bar			
Nothing attached to fuel line			
Only one Shell fuel tank 30/100/250 cc			
Transparent/translucent hoses			
Vertical position			
Driver visibility			
180 degrees of direct visibility			
2 rear view mirrors of 25 cm ²			
Driver not in head-first position			
Standard and effective			

Cuadro 48: Hoja de registro para inspecciones técnicas Shell Eco-marathon parte tres

<i>Drivers controls</i>			
Coveralls			
Face shield or visor mandatory			
Gloves			
Helmet			
Minimum weight 50 kg including ballast			
No single sponsors sticker with surface area greater than 400 cm^2			
Partner stickers both sides			
Race number front/ both sides			
Shell logo front/both sides			
Shoes			
<i>Driver exit</i>			
Driver 1 exit (maximum time = 10 s)			
Driver 2 exit (maximum time = 10 s)			
Quality of door/body closure			
<i>Braking test</i>			
Efficient			
Ergonomic			
Front system in each wheel			
Not adjustable on track			
Rear system in each wheel			

VIII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. Módulo de arranque en frío

El objetivo consistía en determinar y modificar las variables que permitieran que el motor Honda GXH50 funcionara de manera confiable y eficiente con un sistema de inyección, con etanol, permitiendo su arranque en frío. Para lograr este objetivo fue necesario realizar un balance de masa y energía del motor Honda GXH50, analizando sus gases de combustión y determinar el ángulo de retraso de chispa con el fin de poder determinar el factor de enriquecimiento que permitiera un efectivo arranque en frío.

Como primer paso, se comenzó con los flujos establecidos previamente en el software. El flujo estático de inyección de combustible era 17.65 g/min, sin embargo, el flujo de aire, medido a una velocidad lineal promedio de 1.1 m/s, era de 98.45 g/min, por lo que la relación aire/combustible era de 5.57. Por tanto, era necesario corregir el flujo de combustible para tener un mejor desempeño en el motor y la combustión. Asumiendo que el flujo de aire se mantiene constante siempre, se procedió a corroborar que el flujo indicado por el inyector fuese correcto. Para este fin, se utilizó el tanque de vidrio proporcionado por Shell Internacional (Ver Ilustración No. 8) y se calibró según la metodología de Calibración de Tanque en unidades de masa. Cabe mencionar que en este punto mantener la temperatura constante era determinante para la confiabilidad de la experimentación, aunque esto no se mantuvo del todo constante, se aceptan los datos ya que la máxima diferencia fue de 2.5°C. De esta manera se encontró que el flujo real de combustible del motor era, en promedio, de 11.46 g/min lo que no concuerda con el flujo estipulado por el software. Esto se debe a que, dada la antigüedad del inyector, puede que presente fugas imperceptibles en sus piezas. Además, no se tiene certeza sobre el método de calibración de la válvula solenoide que controla el flujo másico, por ende, es probable que la densidad y viscosidad del etanol sean diferentes a las del combustible utilizado para su programación.

Entonces, dada esta problemática, se realizó una curva de calibración entre el flujo indicado por el software y el flujo consumido según el tanque, para poder determinar que flujo se debe programar en el software y así obtener la relación aire/combustible requerida. La ecuación de calibración encontrada fue $y = 1.0155x + 6.0351$ donde x representa el flujo real de combustible que se desea tener y y es el flujo que se debe establecer en el software. Seguidamente, se realizó el balance de masa y energía con el fin de determinar el flujo de etanol y aire que están reaccionando dentro del motor y poder entender de mejor manera su funcionamiento. Para ello, se utilizó un analizador de gases de combustión marca Bacharach y se midió durante un minuto. Se encontró que en los gases de salida había presencia de O₂ y CO₂ como era de esperarse en la reacción estequiométrica, sin embargo, también había presencia de CO, NO₂ y NO lo que indica que la combustión es incompleta y que además la temperatura a la que se está llevando a cabo la reacción es bastante elevada (355°C). Se encontró que el porcentaje de etanol que está quemándose dentro del motor es de 26.6%. Este porcentaje es bajo ya que ni siquiera se está aprovechando el 50% de la cantidad de etanol que está ingresando.

Una de las fuentes de error que tiene el análisis de gases de combustión es que se realizó con un Bacharach con base keroseno y no etanol, por ende, los resultados no son del todo confiables, sin embargo, fue la medición más cercana que se pudo tener.

La cantidad de etanol ingresando al motor, según el balance de masa, es de 10.2 g/min y el aire es de 90.27 g/min para una relación aire/combustible de 8.85, muy cercano a la teórica que se desea tener. Es por esto que la conversión de etanol es tan baja, ya que el aire está ingresando en la cantidad estequiométrica y para tener una buena combustión se recomienda tener aire en exceso.

También se realizó el balance de energía del motor, para el cual se modeló la cámara de combustión del motor como un cubo de dimensiones 353 mm x 225 mm. Además, para el cálculo del coeficiente convectivo del aire se modeló la pared del motor como una placa con convección natural. Se determinó que las pérdidas de calor eran igual a -207.09 W. La entalpía de combustión fue de -151,592.31 J, que dividida en 60 segundos que duró la experimentación, son -2,526.53 W. Por lo que el trabajo neto entregado por el motor fue de -2,319.45 W. Según las especificaciones técnicas el trabajo neto que puede entregar el motor es de 1.6 KW, sin embargo, esto es medido para gasolina. Tomando en cuenta que el nivel de octanaje del etanol es mayor que el de la gasolina, es comprensible que se tenga una potencia mayor en la experimentación. Sin embargo, hay que considerar también que para las mediciones de pérdidas de calor se hacen suposiciones como la geometría del motor y que únicamente se tiene pérdidas por convección cuando también se pueden tener por radiación. Todas estas suposiciones introducen cierto error al cálculo de la potencia, además, no puede ser medido de manera experimental ya que no se cuenta con el equipo apropiado. Pero se puede considerar una buena aproximación al rendimiento del motor.

Tomando en cuenta la baja cantidad de etanol que está reaccionando, se realizó el ajuste del ángulo de retraso de la chispa con el fin de corroborar su efecto sobre la combustión y el motor. Debido a que este es un motor que funciona con carburador, al momento de la instalación del sistema de inyección, se fabricó una pieza metálica para poder adaptar el sensor magnético para el control de chispa en el motor. Sin embargo, esta cuenta con un límite máximo, debido a las dimensiones de la misma, por lo cual se hace necesario el ajuste del ángulo para que la chispa se lance en el momento indicado del ciclo. Mediante la utilización de una lámpara de tiempo se realizaron las pruebas para encontrar este ángulo; se probó con el sensor ajustado en tres posiciones diferentes en la pieza, sin embargo, los mejores resultados se dieron al colocar el sensor en el límite máximo, encontrando que el ángulo era de -20° , aunque se probaron diferentes ángulos de retraso.

Si bien los resultados de esta experimentación son meramente cualitativos, ya que no hay manera real de cuantificar qué tan bien ajustado está el ángulo, se hizo un análisis de gases para determinar si el porcentaje de etanol reaccionado cambiaba y se determinó que a este ángulo el porcentaje fue de 67%. Además, el motor no tenía ruido extraño, los gases de combustión no tenían color negro, y fue cuando más tiempo duró encendido el motor (12 minutos). Con los demás ángulos probados durante la experimentación se tenía problemas con el

ruido del pistón o con la apariencia de los gases, además, los tiempos en los que duraba el motor encendido oscilaban entre 0 a 8 minutos. Asimismo, la potencia entregada por el motor mejora en un 6% debido a que se aprovecha de mejor manera la energía del combustible.

Es necesario asegurar que la presión dentro de la cámara sea la máxima para aprovechar el poder calorífico que provee el combustible y asegurar una mejor combustión debido a que las moléculas estarán en mayor contacto. La importancia del ajuste de este ángulo sobre el motor radica en que, si los tiempos están desfasados, se pueden dañar las válvulas y pistones del motor debido al golpeteo que tiene el motor al tener la combustión en el momento inadecuado. Otra señal de que los tiempos están desfasados, es que los gases de combustión comienzan a salir por la entrada de aire y no por el escape. Con el ajuste de este ángulo se tuvo una mejoría notable en el arranque del motor.

Continuando con la experimentación con etanol, el problema que se presentó fue el arranque en frío del motor. Como es sabido por la teoría, en esta etapa se deben compensar las pérdidas debido a la condensación en las paredes de la cámara de combustión. Es por ello que el factor de enriquecimiento se incrementa para temperaturas bajas, pero luego este debe disminuir para no sobreenriquecer la mezcla y por ende ahogar el motor. Para ello, se utilizó el software Ecocal y se procedió a medir la temperatura inicial del motor antes de cualquier prueba, se modificaba el factor de enriquecimiento, luego se encendía el motor y se verificaba el funcionamiento. Cabe mencionar que esta prueba se realizaba únicamente una vez al día ya que, de otro modo, la temperatura podía estar más elevada y no proporcionar un dato correcto ya que se necesitaba que el motor estuviese completamente a temperatura ambiente.

Después de varios días de pruebas a diferentes factores de enriquecimiento y temperaturas, se determinó que la correlación entre temperatura y factor de enriquecimiento tiene una tendencia exponencial, ya que no incrementa linealmente, y sigue el modelo $y = 1.9593e^{0.059x}$ donde x es la temperatura del motor en grados Celsius (T_{mSta}) y y es el factor de enriquecimiento de combustible (f_{CldSta_TmSta}). Asimismo, se encontró que la temperatura promedio a la que se encontraba el motor en las condiciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala fue de 24.7°C entonces el factor de enriquecimiento que hace que el arranque en frío sea efectivo, en la mayoría de intentos, es de 8.41. Esto asegura que la cantidad de combustible al inicio compense las pérdidas, sin embargo, debido a que la temperatura ambiente y presión atmosférica son factores cambiantes, el factor de enriquecimiento puede cambiar por lo que es preciso establecer un rango de operación predeterminado, en este caso entre 22.4°C y 25°C , para mitigar el error que puedan generar los cambios climáticos. Si bien el comportamiento del modelo encontrado según la experimentación pareciera ser, a primera vista, contradictorio con la teoría, vale la pena recordar que el etanol tiene una mayor volatilidad que la gasolina, por ende, el comportamiento encontrado podría justificar esta pérdida de combustible que tiene el motor ya que podría haber etanol que no llega a reaccionar debido a que se volatiliza antes de entrar a la cámara de combustión. Luego se probó el modelo a diferentes temperaturas dando

como resultado un arranque en frío efectivo asegurando así las suposiciones de punto promedio a igual temperatura es representativo.

Finalmente, se quiso determinar si la temperatura de funcionamiento del motor tenía un efecto sobre el comportamiento de la reacción de combustión de etanol. Partiendo de que, como regla de la competencia Shell Eco Marathon, no se puede utilizar ningún método de enfriamiento que no sea el aire, se utilizó un ventilador portátil para bajar la temperatura del motor. Se encontró durante todas las corridas que lo máximo que se lograba disminuir la temperatura del motor era 5°C. Cabe mencionar que esta experimentación se hizo con los parámetros estándar del motor y no con el flujo de combustible y ángulo de retraso de chispa corregidos. Se encontró que el efecto sobre el porcentaje de etanol reaccionado no fue significativo ya que, con ventilador, el porcentaje de etanol reaccionado fue de 26.7% en promedio, que, comparado con lo obtenido del balance de masa realizado al motor, solo mejora en un 0.01%. Dados estos resultados y tomando en cuenta los resultados obtenidos al modificar el ángulo de retraso de chispa, se dedujo que la presión dentro de la cámara es una variable más importante a modificar que la temperatura externa del motor.

Uno de los principales problemas que se tuvo durante la experimentación fue que, aunque el motor si se queda encendido durante bastante tiempo, había ocasiones donde el motor se aceleraba para estabilizarse. Esto provoca incrementen las RPM del mismo y esto afecta considerablemente las mediciones y la composición de la mezcla dentro de la cámara de combustión. Sumado a que la temperatura no fue un factor relevante, se propuso una metodología para tratar de mejorar el ángulo durante el estado ralenti para tratar de mejorar la combustión y hacerlo más estable para tratar de determinar si esto tenía una influencia con la cantidad de etanol reaccionado.

En el software EcoCal hay una correlación entre las RPM del motor y el ángulo de ignición, que serviría como complemento a los resultados obtenidos durante la experimentación con el ángulo de retraso de chispa. El ángulo de retraso de chispa obtenido de -20° es el que asegura el funcionamiento del motor durante el arranque en frío, sin embargo, a diferentes RPM, la carga y composición de la mezcla dentro de la cámara de combustión cambia y por ello, el ángulo de ignición debe adelantarse mientras la velocidad aumenta. Además, las emisiones del motor también estarán afectadas por el momento en que se da la chispa y no solamente dependerá de la mezcla aire/combustible.

Se procedió entonces a modificar este ángulo de avance de chispa a diferentes RPM que se midieron con un tacómetro. Para estar en un estado ralenti estable que no consuma demasiado combustible se propuso estar entre 1,600 y 1,800 RPM. Para lograr mantener el motor a estas RPM se fue modificando el ángulo de ignición por incrementos de 1, según permitía el software EcoCal. Se obtuvo que si se aumenta el ángulo de chispa por 10.65° entre este rango de RPM, se tuvo una mejoría notable en la estabilidad del motor, así como en el porcentaje de etanol reaccionado.

Otro factor importante a tomar en cuenta es que el motor con el que se cuenta para las experimentaciones es ineficiente de fábrica. Este es un motor pequeño que no está diseñado para mantenerse encendido por mucho tiempo ni para tener un consumo eficiente de gasolina, por lo que es una limitante que no se puede controlar.

Vale la pena continuar modificando las variables que afectan el estado ralenti del motor, así como las afectan la aceleración y desaceleración del motor para poder tener el mejor rendimiento durante la competencia. También, es necesario mencionar que una de las limitantes durante la experimentación fue que no se contaba con un dinamómetro para poder medir el torque generado por el motor y que las condiciones de temperatura no eran controladas. También, para poder tener el motor encendido durante más tiempo, y por ende, tener una mejor participación en la competencia, es necesario eliminar todas las fugas en el sistema de presurización ya que cuando este se encuentra debajo de 40 psi ya no llega el combustible de la mejor manera al inyector provocando que se apague.

Se logró cumplir con el objetivo de determinar las variables que hicieron que el motor Honda GXH50 sea confiable en el arranque en frío, sin embargo, se recomienda seguir afinando el estado estable o ralenti para que no pegue los acelerones, así como los parámetros de aceleración y desaceleración para obtener un mejor rendimiento del motor.

B. Módulo eficiencia volumétrica

El objetivo principal del estudio fue la determinación del flujo másico de aire en el manifold del motor Honda GXH50 para poder encontrar la eficiencia volumétrica adecuada para el buen funcionamiento del mismo. Para cumplir con este objetivo, se necesitó calibrar el motor a través del cambio de los valores relacionados con la eficiencia volumétrica, dependientes de la presión en el manifold y la velocidad del motor. Para cada valor de las variables mencionadas anteriormente, hay un valor correspondiente de eficiencia volumétrica. Ya que esta es la relación de masa de aire que entra al pistón, entre la masa total que se encuentra dentro, se tuvo que encontrar la masa que estaba entrando.

Ya que no se cuenta con una forma de medir el torque físicamente, como se hará con un dinamómetro, para poder conocer la cantidad de torque que está generando el motor, se acudió a utilizar la curva de desempeño proporcionada por Honda Engines. Se graficaron 21 puntos en la curva para poder replicarla y obtener una ecuación que se ajustara a la misma. Esta se hizo por medio de una regresión polinomial de grado 3, la cual tuvo un coeficiente de determinación de 0.9988, considerándose estadísticamente como un valor totalmente aceptable. La ecuación se puede observar en el Cálculo No. 6 del Anexo 62, en el apartado de Anexos. Sin embargo, el rango del gráfico, donde se encuentra la curva, es de 3,000 a 8,000 RPM. Debido a que el motor se encuentra en estado de calibración, opera también a bajas revoluciones por minuto. La curva que se encontró no puede afirmar los valores que se salgan del mismo, por lo que involucra un grado de error. Por motivos de

utilizar la mayor cantidad de datos posibles, se decidió incluirlos en el análisis, y hacer una extrapolación de la misma, calculando los datos de torque para bajas revoluciones por minuto.

Como se mencionó anteriormente, se necesitó del torque para poder medir la eficiencia volumétrica. Se utilizó una simulación proporcionada por Mathworks a través de su página en internet, en la cual se describe el modelo de un motor de cuatro tiempos. Este modelo calcula el torque generado, por medio de una ecuación que se deriva empíricamente, utilizando cuatro parámetros: La masa de aire que entra al pistón, la relación aire combustible que también entra, el ángulo de retraso de la chispa y la velocidad del motor. Debido a que el motor que utilizaron los desarrolladores en el modelo es distinto con el que se está trabajando en este proyecto, se tuvo que encontrar una ecuación que cumpliera con la dependencia de las variables mencionadas anteriormente, para el motor GXH50, con el cual se está trabajando.

La reacción química que ocurre en la combustión tiene como reactivos el combustible, en este caso etanol, y oxígeno. La combustión es la parte del ciclo de operación de un pistón que genera energía, por lo tanto, la generación de torque dependerá de esta. La masa de oxígeno que entra por medio del aire al pistón, en conjunto con la masa de combustible que también entra, y la chispa producida por la candela, son los factores esenciales en la calidad de la combustión que se da. La cantidad de etanol que es inyectado va a depender de la relación aire-combustible. En el motor con el que se está trabajando, esta relación tiene un valor fijo. El inyector se encarga de regular la cantidad de etanol suministrada, dependiendo de la cantidad de aire que entra.

Es parte del inyector tener en consideración la velocidad a la que está revolucionando el motor. Debido a que detecta cuando las vueltas se completan, se libera una descarga eléctrica, resultando en una chispa en la candela. Ya que los rangos de tiempo en los que trabaja el motor son en la escala de milisegundos y existe un tiempo de retraso en la generación de la señal que produce la chispa, esta última también es una variable que afectará la calidad de la combustión.

El programa de ECOcal puede medir las variables que se mencionaron anteriormente. Este nos proporciona la velocidad del motor en revoluciones por minuto (RPM), presión absoluta del manifold (MAP) en kiloPascales, temperatura en el manifold en grados Celcius, grados del avance de la chispa y la relación aire combustible. Con el valor de la velocidad del motor en RPM, se pudo calcular el valor del mismo en radianes por segundo (Cálculo No. 5 del Anexo 62).

Como se mencionó en el marco teórico, la eficiencia volumétrica va a determinar la eficiencia que tiene el motor en succionar aire al cilindro, dando como resultado, luego de la combustión, la generación de torque. Por lo tanto, se necesitaba la determinación de una ecuación que relacionara el avance de la chispa y la relación aire combustible. Este es el parámetro fundamental para la calibración del motor. La masa sigue la ecuación de los gases ideales, tomando en cuenta la presión a la que entra, la temperatura del manifold y el volumen del cilindro. El volumen del cilindro es el desplazamiento del mismo. Este valor es de 49.4 mL, según estaba establecido con anterioridad por parte de los proyectos realizados con el motor. Los valores de presión y temperatura iban cambiando con el tiempo en el que el motor estaba encendido. Gracias a los sensores de

presión y de temperatura que el inyector posee, se pudo saber los valores por medio de las mediciones detectadas por el programa de ECOTRONS, EcoCAL. Estos resultados se pueden observar en los Anexos 50 al 60. Utilizando un valor de 29 g/mol y una constante R de los gases ideales de 8,314.472 Kpa·mL/(mol·K), se pudo calcular un valor de masa para cada tiempo en el que se hacía una medición por parte del inyector.

Para poder tener datos representativos, se decidió hacer mediciones en triplicado. Se utilizaron los datos de tres corridas del motor. Las mediciones se encuentran en la sección de Datos Originales de la Sección de Anexos. Luego de juntar los datos de las tres corridas, se realizó un análisis de regresión de múltiples variables, para así obtener la ecuación que relaciona el torque con la masa, relación aire combustible, avance de la chispa y velocidad del motor. La ecuación se puede observar en el Cálculo No 10 del Anexo 62, y se logró realizar por medio de ayuda de la herramienta de análisis de datos de Excel. Se obtuvo un valor de determinación de 0.9017, lo cual se considera un valor muy aceptable estadísticamente, para ser datos experimentales. Tomando en consideración que había mucha variación en los datos, se decidió hacer una selección de datos, entre los cuales se eliminaban mediciones erróneas por parte del sistema, como por ejemplo valores de cero para presiones, chispa, temperatura, entre otros.

Observando los gráficos de dispersión de los residuales de la regresión (Figura No. 20-27), proporcionados por la herramienta de análisis de datos de Excel, se pudo observar que hay varios datos que salen del rango (-2,2). Los datos que salgan de este rango se consideran como atípicos, esto incrementa el error estándar de la estimación, por lo que también incrementa la desviación estándar residual. Es posible eliminar algunos de los residuales atípicos y realizar un análisis de residuales estandarizados eliminados, pudiendo reconocer las observaciones atípicas que los residuales estandarizados no detectan. Sin embargo, al eliminar estos datos, se puede ver afectado el coeficiente de determinación de la regresión, por falta de datos. El gráfico de residuales más apropiado es el Gráfico de Residuales, Figura No. 26, que representa a los valores de masa. Esto se debe a que presentan una dispersión bastante homogénea, lo cual indica una buena homocedasticidad de la variable. El gráfico de residuales No. 27., perteneciente a los residuales de los valores de la velocidad del motor, presenta una tendencia lineal. Esto indica que la variable presenta una heterocedasticidad, lo cual proviene de la utilización de una ecuación proveniente del fabricante para calcular el torque a partir de la velocidad del motor, creando una dependencia directa. El gráfico de la Figura No. 25, se puede observar cómo los residuales pertenecen a un mismo valor constante, lo que indica que la variable es totalmente independiente, consecuencia del valor constante de la relación aire combustible. Por último, el gráfico de la Figura No. 24, representa los residuales de los valores de la relación aire-combustible. Estos poseen una tendencia lineal debido a que el inyector detectaba el mismo valor del ángulo de retraso de chispa para ciertos tiempos. Este valor variaba según la velocidad del motor.

Es de considerar que se tienen problemas actuales con las mediciones del programa EcoCAL. Actualmente, no se logran hacer mediciones que pasen los 10 segundos. Esto influye mucho en la cantidad de corridas efectivas que se pudieron realizar. Ya que para obtener una mejor calidad de datos se deberían de hacer corridas con una duración más prolongada y poder tener un rango de datos el cual poder analizar.

De las Figuras 29-32 se puede observar el comportamiento del motor en un estado teórico, en donde la ecuación encontrada para la generación de torque es la principal fuente de la generación de datos. Dentro del modelo en la Figura No. 10 de la sección del Marco Teórico, se ve como el resultado del torque encontrado es utilizado para poder volver a calcular el siguiente torque para el siguiente ciclo. Se logra visualizar, en estas figuras que luego de realizar una aceleración en el segundo 5, se incrementan los valores de la combustión y de la compresión, generando de esta manera una posición más estable en cuanto al funcionamiento del motor en estado ralentí. Con la Figura No. 29, la cual presenta resultados modelados de la masa que estaría entrando al motor, se pudo encontrar una ecuación que describe masa teórica. Con los datos experimentales, se calculó la masa de aire experimental que entra al motor, y al graficar esta en función del tiempo se obtuvo otra ecuación. La eficiencia volumétrica es la división de la masa de aire experimental entre la masa de aire teórica. La ecuación es:
$$y = \frac{2.44 \cdot 10^{-16} x^4 - 2.09 \cdot 10^{-12} x^3 + 5.49 \cdot 10^{-9} x^2 - 4.52 \cdot 10^{-6} x + 4.88 \cdot 10^{-2}}{1.15 \cdot 10^{-8} x^2 - 6.96 \cdot 10^{-5} x + 1.91 \cdot 10^{-1}}$$
.

Se puede observar en el gráfico de la velocidad del motor, que esta aumenta de manera estable por encima de los 150 rpm. Comparando con las mediciones actuales del motor (Anexo 49, 52 y 55), se puede observar que hay una estabilidad a lo largo del tiempo, luego de empezar desbalanceado, tal y como lo muestra el modelo. Como el coeficiente de determinación de la regresión múltiple sigo siendo alto, entonces se opta por utilizar el modelo, por consiguiente, sus coeficientes. se realizó una prueba de significancia F de Fisher para el análisis de la regresión, y se rechazó la hipótesis nula en la que todos los coeficientes son cero, se llegó a determinar que la regresión múltiple realizada es aceptada. Sin embargo, para poder aceptar el modelo, se llegó a comparar los datos de la simulación con los datos experimentales obtenidos de una corrida. Se compararon los resultados de la velocidad del motor. Con estos, se realizó una Prueba t para medias de dos muestras. Con esto se planteó la hipótesis que afirma que existe diferencia significativa entre el modelo y los datos experimentales. Al mismo tiempo, se planteó la hipótesis nula, la cual dice lo contrario. Debido a que se tuvo como resultado un punto P de $2.6419 \cdot 10^{-21}$, el cual es menor al valor crítico de t, que es de 2.018, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis afirmativa que dice que sí existe diferencia significativa entre el modelo y los datos experimentales. Debido a que el motor todavía está en etapa de calibración y que se utilizaron datos experimentales que podrían ser mejorados si se calibra mejor el motor, de igual manera se acepta el modelo, teniendo en cuenta que podría ser mejorado cuando se tengan más datos para analizar. Para fines de este trabajo, la simulación es aceptada ya que el motor no presenta una estabilidad completa en todas sus corridas. Por lo tanto, se puede dar el modelo por validado.

Por último, en la Figura No. 34 se puede observar una superficie de eficiencia volumétrica, la cual se puede llegar a comparar con la superficie de la Figura No. 11, la cual se graficó al empezar a trabajar con el motor. Luego de poder entender la teoría, y saber que la velocidad del motor y presión a la que se encuentra el manifold del motor influyen directamente en la masa de aire que va a entrar al pistón para realizar la combustión. Por lo tanto, teniendo una base teórica y siguiendo un patrón de superficie, sabiendo que los picos no son buenos para la estabilidad del motor, se procedió a la suavización de la curva de eficiencia volumétrica, cambiando ciertos valores para poder tener una mejor curva. La experimentación y conocimiento empírico, desarrollado

por pruebas de ensayo y error durante el proceso de suavización, fueron considerados para suavizar la curva. Como resultado de esto, se tuvo un motor que permaneció en estado ralentí por un tiempo más prolongado.

C. Módulo de perfiles de puestos, procesos de compras y logística de transporte

Este módulo aporta al proyecto Taq Balam con el objetivo de diseñar perfiles de puestos de los integrantes a conformar el equipo Taq Balam, así como definir los procesos de compra de recursos para el trabajo sobre el vehículo y la logística de transporte para llegar a la competencia Shell Eco-marathon. A continuación, se procede a analizar los resultados obtenidos durante la labor realizada para alcanzar el propósito mencionado.

En primer lugar, se expone el análisis de los perfiles de puestos para integrantes del equipo Taq Balam. Se realizó un organigrama el cual permitió tener una visión general sobre la distribución de puestos. Este fue el principal paso para documentar la organización interna del equipo la cual desde inicios del proyecto en 2013 no se había establecido de manera concreta. Con la jerarquía creada se pudo proceder a la creación de descriptores y perfiles de puestos de los miembros a integrar Taq Balam. La importancia de esto radica en el hecho de que por la naturaleza del megaproyecto, el trabajar sobre en el desarrollo de un vehículo ultraeficiente, es necesario contar con personas que cumplan con características específicas de conocimiento, disponibilidad de tiempo y formas de trabajar. Además, que cada rol especificado en los cuadros 17 a 23, es vital para la participación en la competencia Shell Eco-marathon. Durante esta puede surgir la necesidad, como ha sido el caso en las cuatro competencias asistidas, de modificar el vehículo en cualquiera de los aspectos mecánicos, eléctricos, químicos y administrativos y para ello es de vitalidad el contar con personas dedicadas a cada área. La ausencia de estudiantes encargados de cada área ha provocado pérdidas de tiempo en la Eco-marathon como el caso surgido en la participación del 2016 en donde se tuvo que realizar cambios en el cableado eléctrico del vehículo, mas la persona que había diseñado este no se encontraba presente.

Para el mismo contexto se elabora un diagrama de operaciones y procesos que describe la manera de proceder para la selección del equipo. Aquí es necesario contrastar el proceso actual y el propuesto. En los años de trabajo de Taq Balam no se había establecido un método documentado para el proceder en la selección del equipo lo cual agregaba subjetividad en el proceso. Por ello, se propone el realizar una campaña para reclutar personas interesadas, y que cumplan con el perfil establecido, a partir de las cuales se podrá elegir a quien cumpla de mejor forma las necesidades del puesto en el quipo luego de una entrevista. Este procedimiento en conjunto con los descriptores y perfiles de puestos evita que se dependa de la experiencia de una persona en particular (el investigador principal) que haya adquirido el conocimiento de qué tipo de personas deben conformar Taq Balam y que durante los meses de trabajo y en la competencia falten encargados de cada área.

Se prosigue con el análisis de los resultados que hacen referencia al objetivo de concretar los procesos de compras de recursos para el trabajo sobre el vehículo ultraeficiente. En los resultados se muestra una división entre compras locales (a realizar en Guatemala), que a la vez se subdivide en compras mayores y menores a Q900.00, y compras externas (a realizar en un país fuera de Guatemala). La importancia de realizar esta documentación se fundamenta en dos aspectos, evitar errores administrativos y minimizar el tiempo perdido. Al igual que el caso de la selección y organización del equipo, las actividades de compras no se habían documentado desde inicios del megaproyecto. Esto provocaba errores administrativos como la entrega de liquidación fuera de tiempo debido a facturas emitidas con datos erróneos o faltantes, incumplimiento de políticas por realizar compras mayores a Q.900.00 en un mismo lugar, devolución de solicitudes de compra o anticipo por falta de datos, etc. En el cuadro 10 se observa que con el pasar de los años la cantidad de errores cometidos ha disminuido, pero aún se mantiene por encima del 25%. Puede atribuirse la disminución en errores a la experiencia adquirida por el investigador principal y asistente del Centro de Procesos Industriales que han sido constantes desde el año 2013. Sin embargo, la documentación realizada en este trabajo evita que se dependa de la experiencia de las personas especificadas y que se reduzca la cantidad de errores cometidos en el futuro a un mínimo, debido a que se cuenta ahora con un documento de consulta de actividades a realizar. Este se complementa con el cronograma que permite tener una visión general sobre en qué momento del mes se debe realizar cada actividad de compra. El cronograma evita que se pierda tiempo como en la compra de recursos. Un retraso frecuente en 2016 fue la obtención de fondos del mes pasadas dos semanas desde inicios del mismo, ya que no se entregaba el presupuesto mensual en el tiempo establecido. La consecuencia de esto fue el tener menos tiempo para realizar compra o no tener disponible algún recurso debido a la falta de dinero para adquirir este.

Ahora bien, es necesario mencionar el tercer objetivo referente a los procesos de la logística del transporte del vehículo hacia el lugar de la competencia. La gestión del transporte se dividió en tres procesos los cuales abarcan la documentación para la solicitud de exportación temporal, la documentación para los trámites de aduana en Estados Unidos y la obtención del presupuesto de esta actividad y llevar el vehículo empacado hasta la bodega de la empresa de transporte. Con los diagramas de operaciones y procesos las actividades quedan documentadas y con un orden concreto para su realización. La falta de documentación en años anteriores ha provocado retrasos en la entrega del vehículo durante la competencia, dos días luego de entregada la misma, devolución de papelería por ausencia o datos incorrectos, como el inciso arancelario incorrecto o falta del número de importación del centro de convenciones que alberga al Eco-marathon, y la entrega fuera del tiempo establecido de los documentos necesarios para solicitar el permiso de exportación temporal a la SAT. Para este último punto es necesario mencionar que el permiso de exportación temporal puede tardar en promedio 20 días hábiles. En 2016 la entrega de los documentos con 25 días hábiles de anticipación al envío el vehículo, mas el permiso no estuvo listo hasta dos días antes de que todo el equipo fuera enviado por barco. Son estas las razones por las cuales el cronograma muestra un inicio de actividades de solicitud de papeleo en noviembre para poder entregar los documentos a la empresa de transporte en la segunda semana de enero. Esto dará por lo menos tres meses para el proceso de solicitud de permisos y trámites aduaneros contemplando así la posibilidad de retrasos no panificables por parte de la SAT. Además de esto, el

tener los procesos documentados y ordenados en cronología, permitirá no depender de una persona específica que conozca cómo se realicen los trámites y en qué momento se deben hacer. Adicionalmente, se debe mencionar que el dar seguimiento a cada uno de los procesos es de vital necesidad para tener información actualizada y así evitar los retrasos.

De manera complementaria, en el Cuadro 27 se muestra que el presupuesto total de la actividad de transporte asciende a Q.40,247.47 o \$5,295.52. En este total es necesario tomar en cuenta que las medidas del vehículo, el equipo adicional y la caja en la que se transporta pueden llegar a variar aumentando o disminuyendo los gastos. De igual forma, existe la posibilidad de que no se deba pagar inspección por selectivo rojo, ya que esta se da por un proceso al azar realizado por la aduana de Guatemala, y se daría así un ahorro de \$1000. Adicionalmente, puede darse un descuento al total proveniente del hecho de si la empresa de transporte funge como patrocinador el equipo. En el año 2016 se dio el caso de que Crowley Logistics (empresa de transporte) dio una donación al equipo por medio de un descuento en el total del presupuesto y además no se dio una inspección por selectivo rojo. El gasto total ascendió a Q.23,289 (ver anexo 19) siendo así 46.57% de los gastos totales del equipo Taq Balam 2015-2016 y 53.85% del gasto total esperado para este rubro. La importancia del presupuesto presentado radica en el hecho de que la actividad de exportación e importación del vehículo es el gasto más elevado que tiene el equipo cada año. Por esta razón es vital el realizar las actividades que conllevan esta tarea de manera calendarizada para evitar pérdidas de tiempo y errores de tipo administrativo para así evitar gastos adicionales como la necesidad de pagar transporte “express” desde el puerto de arribo en Estados Unidos hasta el lugar de la competencia. De igual manera, pueden optimizarse las medidas y peso del vehículo, equipo adicional y caja de embalaje para reducir los gastos de carga marítima, manejo a destino y combustible.

Es ahora necesario mencionar las limitantes de los mismo. La meta general de lo realizado es tener una documentación de los procesos y su cronología para poder evitar retrasos, errores administrativos, pérdidas de tiempo y optimizar recursos. Sin embargo, está fuera del alcance de este trabajo el poder medir el impacto real los diagramas, cronogramas, descriptores y presupuesto elaborado. La documentación estará a completa disposición de Taq Balam para su equipo 2017-2018, momento en el cual se verá reflejada una mejora en procesos administrativos. Entre estos se espera reducir la cantidad de errores cometidos hasta un 10%, una selección de miembros del equipo objetiva y que asegure que el equipo de trabajo posee los conocimientos necesarios para el mejor desempeño durante la Eco-marathon y evitar retrasos y gastos adicionales en el transporte.

A manera de síntesis, se puede mencionar que se cumplió el objetivo de establecer una documentación efectiva para las actividades de selección del equipo, compras y transporte. Los diagramas desarrollados cumplen con la función de ofrecer un orden establecido para la elaboración de actividades en cada uno de los procesos. Estos también evitan que se dependa de personas específicas en el equipo. Los cronogramas concretan el tiempo ideal para realizar las actividades de los procesos con el fin de evitar atrasos, errores y gastos adicionales. Finalmente, el presupuesto de transporte funge como una vista clara de los gastos que componen

la exportación e importación del vehículo ultraeficiente y deja ver que este rubro es el gasto más fuerte para el equipo. Ahora bien, el impacto de este trabajo se podrá medir de manera concreta a partir del equipo 2017-2018, por lo cual se recomienda dar un seguimiento del presente trabajo y su implementación en el futuro del megaproyecto.

D. Módulo de perfiles de entidades coparticipes, plan de comunicación y procesos administrativos previo a competencia

En el presente espacio, se presenta el análisis de los resultados obtenidos al haber desarrollado los objetivos del presente módulo; los cuales se refieren a establecer un perfil de entidades coparticipes, un plan de actividades de comunicación del proyecto y un procedimiento de planificación y ejecución de todos los procesos administrativos preparatorios para la competencia, así como los de inscripción del equipo y, la obtención del certificado de aprobación de la inspección técnica en la competencia.

En primer lugar, se coloca como materia de análisis la información obtenida tanto del estudio de mercado como del análisis organizacional del proyecto Taq Balam. El estudio de mercado, fue desarrollado gracias a la recopilación de datos adquiridos a través del reparto de una encuesta de formato digital a diferentes empresas elegidas. Cabe mencionar, que nombrada encuesta formada por 6 preguntas, tuvo la réplica de 40 distintas empresas, las cuales pertenecen a diferentes tipos de industrias y sectores geográficos. Con este documento, se quería obtener una idea general de que tan bien sería aceptada la propuesta de valor de Taq Balam en el mercado. Para ello, se puso en consulta los comportamientos y las preferencias de las distintas entidades en temas como responsabilidad social empresarial, preservación del medio ambiente, proyectos de inversión y temas de desarrollo social.

Los resultados de la encuesta, se dejan apreciar desde la gráfica número 45 a la 50. Lo que se refiere a la primera pregunta de la encuesta, donde se preguntaba si la empresa está interesada en realizar actividades de responsabilidad social empresarial, se deja observar en la Figura 45 que 80% de los encuestados respondió con un sí. Esto demuestra que la gran mayoría de empresas, asignan importancia a desarrollar actividades a favor de la sociedad. Lo anterior representa una beneficiosa noticia para el proyecto, dado que se desea que el mismo adopte a partir del ciclo 2016-2017 una cualidad social, donde en sinergia con los patrocinadores, se realicen actividades sociales que repercutan sobre todo en los niños y adolescentes guatemaltecos; despertando en ellos un deseo de auto superación. En efecto, para esta causa, se tendría una colaboración de aproximadamente el 80% de las empresas contactadas.

Continuando con las figuras pertenecientes a las respuestas de la encuesta realizada, en la Figura 46 se exponen los resultados de la pregunta número 2. En la misma se observa que 34 de las 40 empresas encuestadas adjuntaron una respuesta positiva a lo que se refiere si estaría interesadas en participar en nuevos proyectos de

responsabilidad social empresarial. Siendo Taq Balam un proyecto de responsabilidad social empresarial que se encuentra actualmente a penas en su brote, esto quiere decir que la aceptación del mismo sería bienvenida en un 85% de los casos. Esto permitiría un crecimiento importante en esta faceta del proyecto, lo cual conllevaría a alcanzar cada vez más aportaciones económicas para el mismo. Ahora bien, en la tercera pregunta, se les cuestionó a las empresas en qué tipo de actividades de responsabilidad social empresarial, estarían dispuestas en participar. A través de la figura número 47, se puede observar que las tres respuestas mayor valoradas fueron: proyectos de energías renovables, apoyo a nuevos emprendedores y proyectos de educación. Esto último, deja muy bien evaluado el proyecto de responsabilidad social de Taq Balam ante los ojos de las potenciales entidades copartícipes. La explicación a esto, radica en que la principal actividad del proyecto es la investigación y desarrollo en aplicación de energías renovables. De igual forma, siendo Taq Balam el único proyecto en su especie en Guatemala, el mismo es completamente innovador y emprendedor. Por último, se planea utilizar el proyecto como materia de educación e inspiración para niños y jóvenes través de visitas a instituciones educativas. Por todo lo anteriormente planteado, se permite afirmar, que el proyecto Taq Balam está desarrollando sus ideas de actividades en áreas muy bien vistas y cotizadas por las empresas nacionales.

La Figura 48 deja en constancia las respuestas otorgadas por las diferentes empresas a la pregunta si la empresa considera que está comprometida con el medio ambiente. Un 70% de los votos fueron transmitidos de manera afirmativa. Esto representa que existe una tendencia en el sector privado en Guatemala, de realizar actividades que aporten a la preservación del medio ambiente. La coalición con Taq Balam, al utilizar tecnología en combustibles renovables, puede ser una potencial actividad ecológica para estas empresas. Así mismo, en la quinta pregunta de la encuesta, se quería saber el porcentaje de las empresas que estarían interesadas en invertir en proyectos de creación de nuevas tecnologías aplicables de combustibles alternativos. En la figura número 49, se puede distinguir, que 24 de las 16 empresas respondieron que sí. Esto representa que un 60% de las empresas pudieran estar interesadas en asociarse con Taq Balam en sentido de un proyecto de inversión. Esto es altamente conveniente para el proyecto, ya que no solo sería una nueva forma de ingresos que no sean patrocinios, sino que permitiría poder realizar el desarrollo de la tecnología en inyección de etanol a un paso mucho más acelerado.

Por último, a través de los resultados ilustrados en la Figura 50, se puede apreciar la tendencia de respuesta de las empresas a la pregunta “¿Qué tan interesada está su empresa en apoyar el desarrollo social e intelectual en Guatemala?” Para ello se utilizó una escala de ponderación del 1 al 5. Puntualmente, se puede apreciar que la mitad de los encuestados respondieron con las dos calificaciones más altas (5 y 4). Esto representa para Taq Balam grandes noticias, ya que el proyecto desea alcanzar tener un impacto positivo y significativo en la sociedad. En efecto, este tema es una de los argumentos que debe de utilizar Taq Balam para atraer a empresas socialmente responsables.

Ahora bien, pasando ahora al estudio organizacional de Taq Balam realizado se puede comentar lo siguiente. A través del análisis FODA ejecutado, se puede observar, que el proyecto cuenta con favorables

características internas. Puntualmente, en el cuadro de fortalezas, Taq Balam puede presumir se pionero en Guatemala la investigación y desarrollo de tecnología de inyección de etanol. Así mismo, es el único equipo tanto en Guatemala como en Centroamérica en participar en la Shell Eco-marathon. Sumándole a eso, cuenta con un equipo de ingenieros multidisciplinario y con un investigador principal con experiencia en el desarrollo de ya numerosas veces aludida tecnología. Todos estos puntos, sirven como carta de distinción del proyecto. No obstante, el proyecto cuenta de igual forma con debilidades que hacen que su desarrollo se vea desacelerado. Sin embargo, en lo que se refiere a las debilidades de falta de documentación, el poco alcance mediático, la falta de presupuesto y la carente cohesión con entidades copartícipes, son propiedades en las cuales se está trabajando para que cada vez se vayan mejorando en estos puntos. De manera específica, el presente trabajo ejerce como guía para comenzar a mejorar en el ámbito de generación de ingresos, sinergia con los patrocinadores, alcance mediático y el proceso de documentación.

Analizando ahora las características externas del proyecto, se puede alzar las numerosas oportunidades que posee el mismo gracias a sus características innovadoras, tecnológicas y sociales. En primer punto, se encuentra la escasa sino nula competencia en la investigación y desarrollo de tecnología de inyección de etanol. De igual forma, la conciencia ambiental es un fenómeno en crecimiento dentro del mundo empresario. Así mismo, las empresas están cada vez más interesadas en buscar proyectos en donde realizar su responsabilidad social empresarial. Todos estos puntos, colocan a Taq Balam como un sobresaliente proyecto de coalición para las empresas. Ahora bien, sus amenazas rodean el hecho de ser un proyecto en etapa de arranque. Esto puede colocar en una posición más atractiva para empresas a otros proyectos de responsabilidad social empresarial mejor establecidos.

Cambiando ahora la herramienta analizada, se pretende comentar el modelo CANVAS desarrollado. En efecto como principales propuestas de valor del proyecto se encuentra el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables en la inyección de etanol, la utilización de Taq Balam como fuente de inspiración en jóvenes guatemaltecos para despertar su actitud emprendedora y de auto superación y, crear ayudar a crear una conciencia ambiental en la sociedad guatemalteca. Para poder llevar a cabo los puntos anteriormente nombrados, se enumeran como primordiales actividades clave: la continuación en la investigación y desarrollo de tecnología, exposiciones del proyecto en instituciones educativas en diferentes departamentos del país, asistencia a eventos de marca de patrocinadores, y por último mantener una actividad mediática significativa a través de exposiciones en medios de comunicación, exposiciones sociales y redes sociales. Para ello, se hará uso de socios claves los cuales son desde entidades patrocinadoras, inversionistas, entidades educativas, medios de comunicación hasta municipalidades. Principalmente con los patrocinadores, se busca mantener una relación personalizada tomando en cuenta sus requerimientos y exposiciones de marca. De igual forma con inversionistas se pretende mantener una postura de presentación periódica de avances en el desarrollo de la tecnología. La combinación de esto, permitirá localizar como fuentes de ingresos tanto patrocinios como inversiones por parte de empresas.

El anteriormente presentado estudio de mercado, dio espacio a realizar el perfil de entidades coparticipes del proyecto. Cabe mencionar que nombrado perfil debe de ser punto de partida a la hora de buscar nuevos asociados, y se debe de intentar que satisfagan el mismo en la mayor manera posible. Esto se debe a que, aliándose con empresas que cumplan el perfil, será más fácil fusionar los objetivos de ambas partes y la interacción con la empresa será más fluida a causa de compartir los mismos intereses. Como se observa en el cuadro número 30, se deben de buscar empresas que tengan como principal objetivo con la asociación poder llegar a tener un impacto social significativo y apoyar a proyectos con una identidad amigable con el medio ambiente. Así mismo, se recomienda que la empresa seleccionada tenga interés inclinado hacia la tecnología y que busquen siempre mantener innovación y creatividad dentro de sus actividades y proyectos. En efecto, la empresa ideal es aquella que busca realizar su responsabilidad social empresarial o utilizar a Taq Balam como proyecto de inversión a través de una asociación perdurable a lo largo de las siguientes etapas del proyecto.

Trasladando ahora el contenido de análisis al plan de comunicación elaborado, se puede determinar lo siguiente. Basándose en la experiencia del equipo Taq Balam 2015-2016, se recomienda continuar con una constante actividad en redes sociales, publicando semanalmente los avances del equipo y publicitando todas las actividades del proyecto. Cabe mencionar que, durante nombrada etapa, se acrecentó notoriamente la actividad en la página oficial de Facebook, publicando constantemente los avances en el proyecto y difundiendo todas las actividades sociales realizadas como por ejemplo las visitas a “pasos y pedales” entre otras. Un indicio del éxito de lo anteriormente expuesto, se puede apreciar en el aumento de seguidores de Taq Balam en la página de Facebook, el cual incrementó de 1168 a 1582 seguidores. Continuando en la misma dirección, se debe aspirar concretar repetidas visitas a empresas televisivas y de radio, para planificar entrevistas en ambas plataformas y así acrecentar el impacto mediático.

Ahora bien, a partir de la etapa 2015-2016 del proyecto, se pretende crear una sinergia de coacción con las entidades coparticipes del proyecto, entiéndase bajo esto patrocinadores. Para ello se pretende incluir el proyecto en la mayor cantidad de eventos de las marcas patrocinadoras. Específicamente, no solo se desea exponer el vehículo en actividades de marca de las entidades, sino que también evidenciar la asociación existente entre ambas partes, y el compromiso de aludidas empresas con el desarrollo de nuevas tecnologías en el país y la preservación del medio ambiente. Para ello, el cuadro número 32 deja evidenciar el plan de procedimiento para actividades de este tipo. Como se especifica el cuadro PERT referido a este tipo de actividad, ilustrado en el cuadro 10 y 11, el tiempo necesario para poder planear y ejecutar la actividad son 8 días antes del evento.

Así mismo, como principal punto en el plan de comunicación, a partir del año 2016, se aspira a introducir en el proyecto una faceta completamente innovadora, que revolucione completamente la promoción que se le ha dado al proyecto hasta la fecha. Ampliando esto último en detalle, se ambiciona utilizar el proyecto Taq Balam como fuente de inspiración en la juventud guatemalteca, despertando en la misma la curiosidad por la ciencia y transmitiendo en ella un deseo de auto superación. Para alcanzar aludido cometido, se planea tanto

realizar visitas a entidades educativas, léase bajo esto colegios, universidades, escuelas, etc.; como coordinar visitas de las mismas a la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central. Los cuadros del número 33 al número 35 evidencia el proceder de dichas actividades y la recomendación de tiempo con el cual se debe de iniciar la planificación antes del evento, 10 días

Ahora bien, está claro que mientras más actividades de exposición se realicen, mayor serpa el beneficio para el proyecto. Por este motivo, se sugiere realizar un plan de acción en el cual se incluya una visita mensual a la exposición de “Pasos y Pedales”, mínimo dos eventos al mes con instituciones educativas y una visita mensual como mínimo a un medio de comunicación. De igual forma, se debe de documentar cada visita y realizar fotos del evento para poder promocionarlas en la página oficial de Facebook.

Por último, refiriéndose a los procesos administrativos de preparación para la competencia, inscripción y aprobación de la inspección técnica, se puede discutir lo siguiente. Como primer punto, la figura número 43 y 44 se evidencia un cronograma con las actividades principales que debe de realizar cada integrante del grupo con las fechas límite respectivamente. Esto es de alta utilidad para siguientes equipos, ya que presente un plan sugerido de acción para alcanzar la competencia con un vehículo confiable, funcional y competitivo. Así mismo, la presente herramienta ejerce como documento de control para que se vaya realizando cada tarea en los tiempos establecidos. Posteriormente, en el cuadro 45, se evidencia un cronograma con las diferentes etapas de inscripción y las fechas que debe de seguir el ingeniero en ciencia de la administración encargado de la inscripción. Posteriormente, en el diagrama de operaciones relacionado con la inscripción del equipo, se detalla que tipo de información precisa la Shell en cada una de las etapas. Esto resulta altamente beneficiosos para el encargado de la inscripción, ya que nunca se había efectuado una transferencia de aludida información entre etapas del proyecto.

Ahora bien, la figura número 56, hace referencia al diagrama de operaciones relacionado con las 10 fases de la inspección técnica en la competencia. Este diagrama, es seguido por una descripción de cada una de las 10 etapas, donde se especifica que se revisa en cada una de ellas. No obstante, el cuadro siguiente, evidencia una hoja de control de todas las facetas vista en la inspección técnica. Es completamente indispensable, que se ejecute esa hoja de control en Guatemala, para cerciorarse que todos los componentes del vehículo estén en regla y así poder obtener la aprobación de la inspección técnica en la competencia con mayor facilidad.

IX. CONCLUSIONES

- Se determinó que el ángulo de retraso de chispa que hace efectivo el arranque del motor Honda GXH50, y que lo mantiene más tiempo en estado ralentí con inyección electrónica y etanol como combustible es de -20° .
- Se determinó, mediante un balance de masa a partir de un análisis de gases de combustión del motor, que el flujo de etanol que consume el motor es de 10.2 g/min.
- Se determinó que el porcentaje de conversión de etanol antes de modificar el ángulo de retraso fue de 26% y luego de modificarlo fue de 67%, debido al mejor aprovechamiento de la presión del pistón.
- La relación entre el flujo de etanol que se define en el software EcoCal y lo que verdaderamente está consumiendo el motor está dado por la ecuación lineal fue $y = 1.0155x + 6.0351$.
- Se encontró, mediante un análisis cualitativo del arranque en frío del motor Honda GXH50, que la correlación entre temperatura y el factor de enriquecimiento de combustible sigue un modelo exponencial de la forma $y = 1.9593e^{0.059x}$ para un rango de temperaturas entre 22.4°C y 25°C , a una presión barométrica de 102.6 kPa.
- Se determinó que con un ventilador como método de enfriamiento para el motor únicamente se logra una disminución de 5°C y que la conversión de etanol no incrementa significativamente.
- Modificando el ángulo de ignición dependiente de las RPM del motor a 10.65° entre 1640 RPM y 1800 RPM, se obtuvo un porcentaje de etanol reaccionado de 70%.
- La potencia entregada por el motor según el balance de energía fue de 2.3 KW, que es mayor a la potencia neta según las especificaciones del manual (1.6KW) medido para gasolina. Esto debido a que el octanaje del etanol es mayor que de la gasolina.
- La potencia entregada por el motor cuando se modificó el ángulo de retraso de chispa (2.4 KW) mejoró en un 5% debido a que se está generando más energía debido a que se está quemando más etanol.
- Se mejoraron los valores de la eficiencia volumétrica, en un mínimo de 17% a una máximo de 57%, por medio del cálculo de la cantidad de masa que entra a la cámara de combustión, permitiendo que el motor se mantuviera en estado ralentí.

- Se estableció a la velocidad del motor, la masa de aire que entra al pistón, la relación aire combustible y el ángulo de desplazamiento de la chispa como los parámetros que influyen en la eficiencia volumétrica, al establecer una ecuación que describiera el torque a partir de estos.
- Se determinó un modelo matemático que describe la eficiencia volumétrica del motor por medio del torque, la cual tuvo un coeficiente de determinación de 0.9017, con la siguiente ecuación: $y = 3.1966 + 58.9119 \cdot X_1 + (1.2237 \cdot 10^{-5})X_2 + 0.0556X_3$, donde X_1 es masa de aire (g/s), X_2 es la velocidad del motor (rad/s) y X_3 es el avance de chispa (grados).
- Se verificó el modelo propuesto por medio del ingreso del modelo encontrado a la simulación de un sistema de control publicado por Mathworks, permitiendo una comparación de la velocidad del motor actual con la propuesta por el modelo.
- Se identificaron siete puestos clave dentro del equipo Taq Balam los cuales son: encargado de combustión e inyección de combustible, encargado de aspectos mecánicos del vehículo, encargado del sistema eléctrico del vehículo, encargado de seguimiento de compras, transporte, presupuesto y cronograma, encargado de comunicación, mercadeo y administración de procedimientos para llegar a la competencia, piloto principal y piloto reserva. Para la selección de los mismos se propuso un proceso el cual tiene una fase de promoción de puestos vacantes y reclutamiento de interesados y una etapa de decisiones finales tomadas luego de una entrevista con el investigador principal.
- Las actividades de compras se dividieron en dos categorías, de compra local y externa (fuera de Guatemala). Para la primera categoría se establecieron procesos de compras menores a Q.900.00 y solicitud de anticipo de gastos menores que se debe seguir el cronograma elaborado para realizar las actividades que los componen. Cada semana de trabajo se debe revisar el cronograma para hacer una liquidación mensual.
- La logística de transporte se dividió en tres categorías siendo estas la preparación y entrega de documentación para la Superintendencia de Administración Tributaria, para la aduana en Estados Unidos y el transporte del vehículo ultraeficiente empacado hasta la bodega de la empresa de transporte.
- Se concretó que las actividades para gestión del transporte del vehículo ultraeficiente hasta el lugar de la competencia, deben iniciar en noviembre de cada año para contar con un margen de error que evite retrasos en la entrega del vehículo. El costo esperado que se determinó para esta actividad es de

Q.40,247.47, con posibilidad de variación dependiendo de las dimensiones del vehículo y de las inspecciones por parte de la aduana de Guatemala.

- Se estableció un perfil de entidades copartícipes como base en la búsqueda de nuevos patrocinadores e inversionistas, tomando como características importantes el interés de la compañía en el apoyo a la sociedad, su responsabilidad ambiental y su predilección por proyectos innovadores y tecnológicos.
- Para aumentar el impacto social, televisivo y radial del proyecto, se diseñó el plan de comunicación el cual se conforma de las siguientes actividades: Evento de exposición de marca de patrocinador, visita a una institución educativa, evento de exposición social en el programa “Pasos y Pedales”, evento de exposición del proyecto en la Universidad del Valle de Guatemala Campus Central y entrevista en medio de comunicación.
- Dentro del manual de procesos administrativos de preparación, inscripción y obtención del certificado de la inspección técnica en la Shell Eco-marathon, se documentó información detallada del desarrollo de las inspecciones técnicas en la competencia. Este manual, debe de ser utilizado como guía de acción para el equipo, tomando en cuenta las actividades de cada integrante en las fechas establecidas.

X. RECOMENDACIONES

- Para mejorar el funcionamiento global del motor, es necesario continuar modificando los parámetros que se encuentran en el software EcoCal tales como la aceleración, desaceleración y el chispazo dependiente de las revoluciones por minuto.
- Utilizar una bujía para altas temperaturas para comprobar su efecto sobre la combustión y el arranque en frío.
- Para poder modificar el ángulo de retraso de chispa y mejorar el funcionamiento del motor durante las etapas posteriores al arranque en frío y estado ralentí, es necesario realizar una correlación entre ángulo de retraso de chispa y presión dentro de cámara de combustión para poder calcular el volumen de aire dentro de la misma y tener un mejor acercamiento a la carga de aire que reaccionará dentro del motor.
- Para disminuir la aceleración del motor en el estado ralentí, es necesario suavizar las curvas de eficiencia volumétrica del motor.
- Para evitar que el motor se apague rápidamente y tener una buena participación en la competencia, es necesario eliminar las fugas de aire del sistema de presurización
- Tomar más mediciones con el inyector, con las cuales se puede obtener más información sobre el flujo de masa que entra al pistón y así poder llegar a depurar el modelo propuesto para poder mejorar aún más la eficiencia volumétrica y poder suavizar aún más la superficie de la misma.
- Se recomienda utilizar un freno prony o dinamómetro para poder determinar una relación entre el torque y la velocidad, para no calcular el torque generado por el motor a partir de la curva del fabricante.
- Se recomienda realizar mediciones con el sensor de oxígeno que incluye el inyector, para poder tener datos más exactos de la combustión y la carga de oxígeno, depurando de esta manera el factor de la aceleración el cual influencia en las revoluciones del motor y el torque generado.
- Para mejorar el rendimiento y desempeño del equipo Taq Balam en la competencia Shell Eco-marathon sería provechoso dar seguimiento a la documentación elaborada en este trabajo sobre reclutamiento y selección de miembros del equipo, procesos de compra y logística de transporte.

- Para formar un grupo de trabajo que asegure que las necesidades del equipo a lo largo de los meses de trabajo y durante la competencia estén cubiertas, se recomienda seguir el procedimiento propuesto para selección del equipo Taq Balam a partir del año 2017 para la selección de los miembros 2017-2018.
- De tal manera que se pueda conocer si se reducen los errores administrativos cometidos a menos de 27% y si se ahorran recursos económicos y temporales, se debería dar seguimiento al impacto que tengan los procesos de compras elaborados y el cronograma en el equipo Taq Balam 2017-2018.
- Para evitar retrasos en el transporte del vehículo y herramientas se recomienda que el equipo 2017-2018 siga el cronograma propuesto para el transporte. Además, para tener claros los requisitos de transporte clareos, la comunicación con la empresa encargada de esta tarea debería comenzar a inicios del trabajo, en el mes de julio.
- Con el fin de reducir costos del transporte del vehículo y herramientas a la competencia Shell Eco-marathon, se recomienda reducir las dimensiones de la caja de transporte adquiriendo una nueva desde el envío a la competencia del año 2017.
- A manera de tener un respaldo del compromiso adquirido por los estudiantes miembros del equipo Taq Balam, luego de la notificación de selección se recomienda que firmen un consentimiento informado de las responsabilidades que adquieren y que deben viajar a la competencia Shell Eco-marathon.
- Para tener un control de la administración de recursos asignados, se debe realizar un presupuesto general previo al inicio de actividades de cada equipo.
- De manera que se disminuyan los gastos de importación en las compras externas se recomienda evaluar la consolidación de pedidos que superen los \$500.00 de tal forma que se utilice el beneficio de franquicia que goza la Universidad del Valle de Guatemala.
- De acuerdo a la retroalimentación de las entidades copartícipes, obtenida en la encuesta adjuntada con el informe post competencia, realizar un plan de acción para fortalecer la relación con cada institución actual y actualizar constantemente el perfil de entidades copartícipes para la búsqueda de nuevas organizaciones.
- Para acrecentar el impacto social de Taq Balam, se recomienda realizar dos visitas al programa social de “Pasos y Pedales”, durante los meses de julio a noviembre; y una vez al mes en el periodo antes de la competencia de enero a abril. Esperando en cada evento que un promedio de mil personas visite el puesto de exposición.

- Para aumentar la popularidad del proyecto, se aconseja realizar una vez cada dos meses una entrevista con un medio de comunicación televisivo, asegurándose así una audiencia de 15,000 personas en cada emisión.
- Para asegurar la obtención de la certificación de inspección técnica en la Shell Eco-maratón, se debe de ejecutar en Guatemala antes de la competencia la hoja de registro referente a las inspecciones técnicas del vehículo

XI. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez Flórez, J. A. (2005). Motores alternativos de combustión interna. Granada, Barcelona: TECFOTO, SL.

Bastos, Ana. 2007. *Distribución Logística y Comercial*. Madrid: Ideaspropias Editorial. 88 págs.

Bioetanol de caña. (11 de noviembre de 2008). Etanol como combustible vehicular. Obtenido de <http://www.bioetanoldecanaeazucar.org>

Chew, G. (Octubre de 2011). *Diseño de un sistema electrónico para la detección de fallas en motores de combustión interna basado en la medición del flujo de masa de aire de admisión*. Recuperado el 10 de Junio de 2015, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0287_EO.pdf

Chiavenato, Idalberto. 2011. *Administración de Recursos Humano*. 9ª ed. Revisión técnica de Margarita Bárcenas Salas y María Magdalena Saleme Aguilar. México D.F.: McGraw Hill. 421 págs.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. 2015. *Etanol: Una alternativo para motores de combustión interna*. <http://www.conuee.gob.mx/pdfs/transporte/Etanol.pdf>. [con acceso el 15 de julio de 2016].

ECOTRONS. (29 de 10 de 2011). *Small Engine Electronic Fuel Injection Tuning Guide*. Obtenido de ECOTRONS: www.ecotrons.com

Fogler, S. 2001. Elementos de ingeniería de las reacciones químicas. México: Editorial Pearson Educación.

Gilardi, J. 1978) Motores de Combustión Interna. San José, Costa Rica: Editorial IICA.

Hernández, Carlos. 2007. *Análisis Administrativo: técnica y métodos*. 5ª ed. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia. 224 págs.

Himmelblau, D. (2002). Principios Básicos y Cálculos en Ingeniería Química. México: Editorial Pearson Educación.

Honda. (24 de 9 de 2016). *Honda Engines*. Obtenido de GXH50: <http://engines.honda.com/models/model-detail/gxh50>

Kramer, Fernando. 2003. *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. 3ª ed. Madrid: Ediciones Catarata. 142 págs.

López, A., Quiñonez, G., Sigüenza, L., Cariñés, L., Ruiz, M., & Artiga, P. (2014). *Diseño y construcción de un vehículo ultraeficiente*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Márquez, M. (2005). *Combustión y quemadores*. Barcelona, España: Editorial Marcombo.

Martí, A. (1990). *Inyección electrónica en motores de gasolina*. Madrid, España: Editorial Marcombo.

Martínez, Horacio. 2011. *Responsabilidad social y ética empresarial*. Bogotá: Litoperla Impresores Ltda. 135 págs.

Mathworks. (10 de 10 de 2016). *Simulink*. Obtenido de Simulation and Model-Based Design: https://www.mathworks.com/products/simulink/index.html?s_tid=gn_loc_drop

McCabe, W; Smith, Julian; Harriott, Meter. (2007). *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 7ma. Edición. Madrid, España. Editorial: McGraw-Hill.

Niebel, Benjamin; A. Freivalds. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. 10ª. ed. Revisión técnica de Teresa del Carrmen Ibarra Santa Ana. México D.F.: McGraw Hill. 614 págs.

Orozco, M. (1998). *Operaciones Unitarias*. Ciudad de México. Editorial Limusa.

Osterwalder, Alexander. 2010. *Generación de Modelo de Negocios*. 5ª ed. Barcelona: Centro Libros PAPP. 265 págs.

Pérez, José. 2010. *Gestión por procesos*. 4ª. ed. Madrid: Esic Editorial. 336 págs.

Robbins, Stephen; M. Coulter. 2005. *Administración*. 8ª ed. México D.F.: Pearson. 640 págs.

Rosadio, Arturo. (s.f.). *Etanol: el alcohol combustible del futuro*. <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/bioenergia/otros/technoserve-oportunidades-etanol-en-peru.pdf> [con acceso el 14 de julio de 2016].

Sabino, Carlo. 2014. *El proceso de investigación*. 2ª ed. Guatemala: Editorial Episteme. 124 págs.

Hintt, Michael. 2006. *Administración*. 4a ed. México, D.F: Pearson Prentice Hall. 132 págs.

Salazar, F. 1998. *Internal Combustion Engines*. París, Francia: University of Notre Dame.

Shell. 2015. *Shell Eco-marathon Americas Overview*. <http://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/americas/for-americas-participants.html> [con acceso el 14 de julio de 2016].

Shell. (2015). *Shell Eco-marathon*. Recuperado el 10 de junio de 2015, de <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon.html>

Sher, E. 1998. *Handbook of air pollution from internal combustion engines*. San Diego, United States of America.: Academic Press.

Smith, J., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. (2007). *Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química*. México: Editorial McGraw-Hill.

Suñé, Albert; F. Gil Vidal e I. Arcusa Postils. 2004. *Manual Práctico de Diseño de Sistemas Productivos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos. 295 págs.

Taylor, C. (1985). *The Internal-Combustion Engine in Theory and Practice*. EEUU, MIT Press

Taylor, James. 2008. *Project Scheduling and Cost Control: Planning, Monitoring and Controlling the Baseline*. Fort Lauderdale: J. Ross Publishing. 275 págs.

Trenzano, Jose María; Nadal, Jordi. 1997. *Estudios de mercado*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 98 págs.

Weeks, R. W., & Moskwa, J. J. (14 de 9 de 2016). *Modeling Engine Timing Using Triggered Subsystems*. Obtenido de MathWorks Documentation: <http://www.mathworks.com/help/simulink/examples/modeling-engine-timing-using-triggered-subsystems.html>

Wheelen, Tomas & Hunger, David. 2013. *Administración Estratégica y política de negocios*. 8ª ed. Colombia: Pearson. 230 págs.

Zeleznik, F. J., & McBride, B. J. (1985). *Modeling the Internal Combustion Engine*. Ohio, Cleveland: NASA Reference Publication 1094.

XII. ANEXOS

Anexo No.1: Carta para notificación de inclusión en el equipo Taq Balam

Guatemala, XX de XXXXX de 20XX

Estimado XXXXXXXXX:

Por este medio estamos complacidos de anunciar su inclusión en el equipo Taq Balam 20XX-20XX. Sus labores iniciaran desde el inicio del segundo ciclo del presente año. El puesto de ocupará será el de XXXXXXXX XXXX. Con la mayor brevedad posible debe concretar una cita con el investigador principal el Ing.XXX XXXX quien le dará instrucciones detalladas sobre el trabajo en el equipo Taq Balam y lo introducirá al mismo.

Se le solicita notificar que ha recibido la presente y que acepta el puesto para el cual fue seleccionado.

Deseándole desde ya muchos éxitos en el proyecto me despido,

Investigador Principal Taq Balam
Departamento de Ingeniería Química



TAQBALAM
GUATEMALA

**¡Taq Balam te está
buscando a ti!**

- ¿Te gusta la tecnología, la innovación y la energía renovable?
- ¿Te gustan los vehículos y las carreras?
- ¿Te gustaría participar en una competencia internacional de vehículos ultraeficientes?

TÚ PUEDES FORMAR PARTE DEL SIGUIENTE EQUIPO TAQ BALAM. **CONOCE LOS PERFILES Y SI CREEES QUE ESTE RETO ES PARA TI APLICA.**

**Shell
Eco-marathon**



Anexo No.3: Formato hoja de aplicación para puesto en equipo Taq Balam

SELECCIÓN DEL EQUIPO TAQ BALAM 20XX-20XX

Solicitud de puesto

Nombre: _____

Edad: _____ Celular: _____ No. de carné: _____

Correo electrónico: _____

Carrera: _____

Año que cursa de la carrera: _____

Puesto de interés: _____

Que conocimientos tiene sobre vehículos y tecnología para cuidado del ambiente: _____

Firma y Fecha: _____

Entregar esta solicitud llena antes del 15 de mayo en el departamento de Ingeniería Química

Anexo No.5: Formato carta de solicitud de exportación temporal

Guatemala, 02 de febrero del 2016

Señores Administrador de la Aduana Central

Superintendencia de Administración Tributaria

Guatemala

Presente,

Por medio de la presente, se solicita permiso de exportación temporal con reimportación en el mismo estado, del vehículo prototipo experimental, que se identifica con el número de chasis UVGIQ-001, y pertenece a la Universidad del Valle de Guatemala, ubicada en la 11 calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III Ciudad de Guatemala, Guatemala 01015 Centro América. Este vehículo fue fabricado por estudiantes de la facultad de Ingeniería de la casa de estudios antes mencionada y la solicitud se realiza bajo el nombre de la Universidad, con el código de exportación U-22510 y el Registro Tributario Unificado 1751758-3, desde Guatemala hacia Estados Unidos.

La unidad a exportar consiste en chasis, componentes y carrocería. El vehículo participara en la competencia “Shell Eco-Marathon”, organizada por Combustibles Shell y que se llevará a cabo en Estados Unidos del 20 al 24 de abril del 2016. El evento se realizará en el Cobo Center Detroit, MI 48226. La exportación se realizara vía marítima y será gestionada por Crowley Logistics Inc.

El vehículo experimental se encuentra identificado con el nombre Huracán, como se muestra en el diseño de la pintura acompañado de adhesivos de diferentes patrocinadores. El color de la carrocería es verde principalmente. Los materiales que componen el chasis y carrocería son principalmente, aluminio y fibra de vidrio. Además incluye tres llantas, así como otras piezas compuestas de diferentes polímeros y metales. Teniendo un peso total de 55 kilogramos y un valor de US. \$ 3,500.00.

La exportación temporal tendrá un lapso de 60 días, (5 de marzo al 5 de mayo del 2016). El consignatario en destino es Shell International, en donde el evento se llevará a cabo en el centro de convenciones Cobo Center 1 Washington Blvd. Detroit, MI 48226.

En espera de su respuesta me suscribo.

Atentamente,

Lic. Roberto Moreno Godoy

Representante Legal

Anexo No.6: Formato de carta de activo fijo

Guatemala, 01 de febrero de 2016

Estimados señores

Superintendencia de Administración Tributaria, SAT

Ciudad Guatemala.

CERTIFICACIÓN CONTABLE

Estimados señores SAT:

Por este medio nos permitimos CERTIFICAR que el vehículo marca Universidad del Valle de Guatemala, con las características que a continuación se describe, se encuentra formando parte de los activos fijos de la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y se identifica con el número 01-00107499-1. Dicho bien será trasladado a Detroit (Estados Unidos del Norte de América) con el fin de participar en el evento SHELL ECOMARATHON, y por lo tanto no tiene ningún propósito de comercialización; el vehículo en referencia inmediatamente de haber concluido su participación en dicha feria (del 20 al 24 de abril 2016) será retornado a nuestro país de origen sin cambio alguno en sus características. La exportación temporal tendrá un lapso de 60 días (5 de marzo al 5 de mayo del 2016).

CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

Id de activo fijo: 01-00107499-1

Descripción del bien: Vehículo experimental color verde con franjas azules

Modelo: 2016

Serie: IQ(UVGIQ-001)

En consecuencia, les solicitamos tomar nota de lo expuesto para que consideren los datos respecto a la salida y entrada del vehículo en las fechas estimadas y que no exista problema alguno en cuanto a el cálculo de gravámenes. Agradeciendo la atención a la presente, nos suscribimos de Ustedes.

Atentamente,

Carlos Alberto Chacón Ajcu

Jefe de Activos Fijos

Universidad del Valle de Guatemala

Nora Mariela Gálvez Negro

Contador General

Universidad del Valle de Guatemala

Anexo No.7: Formato factura pro forma

Exportador:

Universidad del Valle de Guatemala
 11 calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III
 Ciudad de Guatemala
 Guatemala 01015

Destinatario:

Shell International
 Shell Echo Marathon
 Cobo Center
 Detroit, MI 48226

Factura Pro- Forma

Artículos	Cantidad	Descripción detallada de la mercancía	Divisa	Valor unitario por artículo	Valor total por artículo
1	1	UVG IQ- 001 Vehiculo prototipo experimental color verde 01-00107499-1	\$	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
		NO COMMERCIAL VALUE			
			Valor total de la factura		\$ 3,500.00

Guatemala, 22 de febrero 2016

Anexo No.8: Formato lista de equipo adicional a transportar junto al vehículo

Guatemala, 22 de febrero de 2016

Señores Administrador de la Aduana Central
 Superintendencia de Administración Tributaria
 Guatemala
 Presente,

Cantidad	Unidad	Descripción	Detalle
		EJEMPLO:	
1	Unidad	Caja de Autocle de 22 piezas KingTony	
1	Unidad	Caja plástica de herramientas Supertek	
1	Unidad	Caja plástica para herramientas Foy	
1	Unidad	Lave ajustable Surtek	
1	Unidad	Caja reductora de aluminio	
1	Unidad	Juego de llaves combinadas Foy	
1	Unidad	Juego de llaves combinadas Heitec	
1	Unidad	Martillo de hule	
1	Unidad	Cortador de alambre	
1	Unidad	Caja de Herramientas Pro Contractor 22" Grab'n Go	
1	Unidad	Caja de herramientas Supertek	

A continuación se presenta un listado de las herramientas y materiales que irán con el vehículo cuyo único propósito es usarlos en la competencia Shell Eco-Marathon 2016 a llevarse a cabo en el Cobo Center en Detroit, del 20 al 24 de abril del presente año. Las herramientas volverán a Guatemala y los consumibles se utilizarán en la competencia.

Agradeciendo la atención a la presente, me suscribo.
 Atentamente,

Ing. José Andrés Hernández Gaitán
 Investigador/Docente
 Centro de Procesos Industriales
 Universidad del Valle de Guatemala

Anexo No.9: Formato Importer Security Filing

1. BILL OF LADING #'s

MB/L: GTYN5M001444

HB/L: 5020867302

SUBH:

CUSTOMIZED BROKERS

IMPORTERS SECURITY FILING - CERTIFICATE



2. MANUFACTURER / SUPPLIER - NAME & ADDRESS		3. IMPORTER OF RECORD – NAME & ADDRESS	
[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]	[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]		
4. SELLER – NAME & ADDRESS		5. BUYER – NAME & ADDRESS	
[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]	[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]		
6. SHIP TO – NAME & ADDRESS		7. CONSIGNEE NUMBER (IRS / TAX ID)	
[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]	[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]		
8. PRODUCT / STYLE / SKU #	9. COUNTRY OF ORIGIN	10. COMMODITY DESCRIPTION	11. HTSUS CLASSIFICATION #S

SHIPMENT INFORMATION	
12. CONTAINER STUFFING (LOADING) LOCATION	13. CONSOLIDATOR – NAME & ADDRESS (IF APPLICABLE)
[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]	[Name] [Street Address] [City, ST ZIP Code]
<p>I certify that the information provided is correct and accurate to the best of my knowledge and understand the requirements pertaining to the importers security filing. We acknowledge that failure to provide any of the information necessary can result in denied entry of goods and subject to monetary penalties by CBP.</p>	
<p>14. Company name: _____ Individual name: _____ Date: _____</p>	

Anexo No.10: Formato Memorandum of Understanding



**IMPORTER SECURITY FILING (10+2)
MEMORANDUM OF UNDERSTANDING**

COMPANY INFORMATION

Company Name: _____ IRS# _____
 Individual Name: _____ Date: _____
 Designated ISF filer: I hereby elect _____ I am self filing or have chosen a 3rd party ISF filer
 Crowley ISF 3rd party ISF filing

RESPONSIBILITIES

1. **Effective Date:** The importer Security Filing is to commence effective **January 26, 2009** for all inbound cargo arriving via ocean transportation into the United States.
2. **ISF importer:** The ISF Importer is defined as "the party causing goods to arrive within the port limits of the United States" and **ultimately the responsible party for filing the ISF filing.**
3. **ISF information:** requires all information to be true & accurate at the time of filing; if there are any changes, the ISF importer agrees to provide updated information - 24 hours prior to arrival.
4. **Bill of Lading:** The bill of lading number is required for the ISF for each shipment at the lowest bill of lading level down to the house bill of lading - when applicable.
5. **Single ISF:** A single ISF per shipment as it may cover multiple bills of lading as long as they are all going to the same importer as part of the same shipment on the same vessel voyage.
6. **24 hour rule:** requires importers on entry for consumption, to provide the ten data elements - no later than (24) hours before the cargo is laden aboard a vessel destined to the United States.
7. **In-transit / FROB:** requires importers for in-transit shipments, to provide the five data elements no later than (24) hours before the cargo is laden aboard a vessel destined to the United States.
8. **Flexibility period:** during this 12-month period, CBP will show restraint in enforcing the rule as long as importers are making a good faith effort and satisfactory progress toward compliance.
9. **Bond Requirement:** The ISF must be secured by a bond; either the ISF Importer or the ISF agent filer YES, we have a bond – SURETY CODE _____ - NO, we need a bond
10. **System filing:** The ISF will be transmitted through the Automated Broker Interface (ABI) or Automated Manifest System (AMS)

SIGNATURES

Certification:

We acknowledge having received all the necessary (10+2) Importer Security Filing program details and fully comprehend the requirements imposed by U.S. Customs & Border Protection. We hereby agree to provide all necessary information for the Importer Security Information, as true and accurate to the best of our knowledge. We understand that failure to provide any or all of the information in a timely can result in disciplinary action directly by US Customs & Border Protection.

The undersigned approves the terms and conditions of this Memorandum of Understanding and represent that they have the requisite authority to enter into it.

Corporate Officer Title: _____ Signature: _____

Anexo No.11: Formato Power of Attorney

(0) TAX IDENTIFICATION NUMBER _____

(1) Check appropriate box:

- Individual
- Partnership
- Corporation
- Sole proprietorship
- LLC

**CUSTOMS POWER OF ATTORNEY
AND
DESIGNATION OF EXPORT FORWARDING AGENT**

KNOW ALL MEN BY THESE PRESENTS: THAT, (2) _____ doing (Full name of persons, partnership, corporation, or sole proprietorship) business as a (3) _____ under the laws of the state of (4) _____, (corporation, individual, sole proprietorship, partnership) insert one residing or having a principal place of business at (5) _____ hereby constitutes and appoints _____ **Customized Brokers** its officers, employees, and/or specifically authorized agents, to act for and on its behalf as a true and lawful agent and attorney of the grantor for and in the name, place and stead of said grantor, from this date, in the United States (the "territory") either in writing, electronically, or by other authorized means to :

make, endorse, sign, declare, or swear to any customs entry, withdrawal, declaration, certificate, bill of lading, carnet or any other documents required by law or regulation in connection with the importation, exportation, transportation, of any merchandise in or through the customs territory, shipped or consigned by or to said grantor.

Perform any act or condition which may be required by law or regulation in connection with such merchandise deliverable to said grantor, to receive any merchandise. Make endorsements on bills of lading conferring authority to transfer title; make entry or collect drawback; and to make, sign, declare, or swear to any statement or certificate required by law or regulation for drawback purposes; regardless of whether such document is intended for filing with customs.

Sign, seal, and deliver for and as the act of the said grantor any bond required by law or regulation in connection with the entry or withdrawal of imported merchandise or merchandise exported with or without benefit of drawback, or in connection with the entry clearance, lading, unloading, or navigation of any vessel or other means of conveyance owned or operated by said grantor, and any and all bonds which may be voluntarily given and accepted under applicable laws and regulations, consignee's and owner's declarations provided for in section 485.Tariff Act 1930, as amended, or affidavits or statements in connection with the entry of merchandise;

Sign and swear to any document and to perform any act that may be necessary or required by law or regulation in connection with the entering, clearing, lading, unloading, or operation of any vessel or other means of conveyance owned or operated by said grantor; Authorize other Customs Brokers duly licensed within the territory to act as grantor's agent; to receive endorse and collect checks issued for customs duty refunds in grantor's name drawn on the Treasurer of the United States, if the grantor is a nonresident of the United States, to accept service of process on behalf of the grantor;

And generally to transact Customs business, including filing of claims or protests under section 514 of the Tariff Act of 1930, or pursuant to other laws of the territories, in which said grantor is or may be concerned or interested and which may properly be transacted or performed by an agent and attorney;

Giving to said agent and attorney full power and authority to do anything whatever requisite necessary to be done in the premises as fully as said grantor could do if present and acting, hereby ratifying and confirming all that the said agent and attorney shall lawfully do by virtue of these presents;

This power of attorney to remain full force and effect until revocation in writing is duly given to and received by grantee (if the donor of this power of attorney is a partnership, the said power shall in no case have any force or effect in the United states after the expiration 2 years from the dates of this execution);

Appointment as forwarding agent: Grantor authorizes the above grantee to act within the territory as lawful agent and sign or endorse export documents (i.e., commercial invoices, bills of lading, insurance certificates, drafts and any other document) necessary for the completion of an export on grantor's behalf as may be required under law and regulation in the territory and to appoint forwarding agent's on grantors behalf;

Grantor hereby acknowledges receipt of the attached terms and conditions.

IN WITNESS WHEREOF, the said (6) _____ caused these present to be sealed and signed:

Signature: (7) _____ Capacity (8) _____ Principal _____ Date (9) _____

Witness: (10) _____ Date (9) _____

Witness: (10) _____ Date (9) _____

If you are the importer of records, payment to the broker will not relieve you of liability for U.S. Customs charges (duties, taxes or other debts owed Customs) in the event the charges are not paid by the broker . Therefore you must pay by check, Customs charges may be paid with a separate check payable to the "U.S. Custom Service" which shall be delivered to Customs by the broker. Importers who wish to utilize this procedure must contact our office in advance to arrange timely receipt of duty checks. Other methods of duty payment such as the A.C.H. method are also available.

Anexo No.12: Formato Importer ID Input Record

U.S. DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY Bureau of Customs and Border

Approved OMB NO. 1651-0064.
See back of form for Paperwork Reduction Act Notice.

IMPORTER ID INPUT RECORD

19 CFR 24.5

1. TYPE OF ACTION (Mark all applicable)

<input type="checkbox"/> Notification of importer's number	<input type="checkbox"/> Change of address*
<input type="checkbox"/> Change of name*	<input type="checkbox"/> Check here if you also want your address updated in the Fines, Penalties, and Forfeitures Office

*NOTE--If a continuous bond is on file, a rider must accompany this change document.

2. IMPORTER NUMBER (Fill in one format)--

2A. I.R.S. Number	2B. Social Security Number
-------------------	----------------------------

2C. Check here if requesting a CBP-assigned number and indicate reason(s). (Check all that apply.)

I have no IRS No.
 I have no Social Security No.
 I have not applied for either number.
 I am not a U.S. resident

2D. CBP-Assigned Number

3. Importer Name

4. DIV/AKA/DBA <input type="checkbox"/> DIV <input type="checkbox"/> AKA <input type="checkbox"/> DBA	5. DIV/AKA/DBA Name
--	---------------------

6. Type

Corporation
 Partnership
 Sole Proprietorship
 Individual
 U.S. Government
 State/Local Governments
 Foreign Governments

7. Importer Mailing Address (2 32-character lines maximum)

	9. State Code	10. ZIP
8. City		
11. Country ISO Code (Non-US. Only)		

12. Importer Physical Location Address (2-32-character lines maximum, see instructions)

	14. State Code MI	15. Zip 48226
13. City		
16. Country ISO Code (Non-US. Only)		

17a. Has importer ever been assigned a CBP Importer Number using the same name as in Block 3?
 No
 Yes (List number(s) and/or name(s) in Block 17c.)

17b. Has importer ever been assigned a CBP Importer Number using a name different from that in Block 3?
 No
 Yes (List number(s) and/or name(s) in Block 17c.)

17c. If "Yes" to 17a and/or 17b, list number(s) and/or name(s)

I CERTIFY: That the information presented herein is correct; that if my Social Security Number is used it is because I have no IRS Employer Number, that if my CBP-assigned number is used it is because I have neither a Social Security Number nor an IRS Employer Number, that if none of these numbers is used, it is because I have none, and my signature constitutes a request for assignment of a number by CBP.	18. Printed or Typed Name and Title	19. Telephone No. Including Area Code
	20. Signature X	21. Date

22. Broker Use Only

Previous Editions are Obsolete CBP Form 5106 (03/99)

Anexo No.13: Formato Corporte Certification

CORPORATE CERTIFICATION *(Optional)

(To be made by an officer other than the one who executes the power of attorney)

I, (1) _____, certify that I am the (2) _____ of (3) _____, organized under the laws of the State of (4) _____ that (5) _____, who signed this power of attorney on behalf of the donor, is the (6) _____ of said corporation; and that said power of attorney was duly signed, sealed, and attested for and on behalf of said corporation by authority of the governing body as the same appears in a resolution of the Board of Directors passed at a regular meeting held on the (7) _____ day of _____, now in my possession or custody. I further certify that the resolution is in accordance with the articles of incorporation and bylaws of said corporation.

IN WITNESS WHEREOF, I have hereunto set my hand and affixed the seal of said corporation, at the City of (8) _____ this (9) _____ day of _____, 20__

_____, 201_ (Date)
 _____ (Signature)

If the corporation has no corporate seal, the fact shall be stated, in which case a scroll or adhesive shall appear in the appropriate designated place.
 Customs power of attorney of residents (including resident corporations) shall be without power of substitution except for the purpose of executing shipper's export declarations. However, a power of attorney executed in favor of a licensed customhouse broker may specify that the power of attorney is granted to the customhouse broker to act through any of its licensed officers or any employee specifically authorized to act for such customhouse broker by power of attorney.

Instructions for NON-resident corporations

- 1.) Name of individual officer executing the corporate certification.
- 2.) Title of individual indicated in #1.
- 3.) Name of corporation.
- 4.) Indicate the state, province or country under whose laws your company operates.
- 5.) Name of person signing front of the original power of attorney. (Same as individual whom signed the POA)
- 6.) Title of person signing front of power of attorney. (Title of individual whom signed the POA)
- 7.) Date the corporation recognized granting power of attorney to broker
- 8.) Not necessary unless specifically required by your State/Provincial/Federal government.
- 9.) Signature of officer executing the corporate certification.
- 10.) Date

*** ALL SPACES MUST BE FILLED IN UNLESS OTHERWISE INDICATED.**

Anexo No.14: Formato Importer Profile



IMPORTER PROFILE

Company Name: _____

Physical Address: _____

Telephone: _____ Fax: _____ Website: _____

Contact Name(s) with E-mail Addresses: _____
_____ / _____
_____ / _____

IRS # _____ PACA License: Yes ___ No ___

Bond: Yes _____ No _____

*If no, would you be interested in a continuous Bond? Yes _____ No _____

Is your company related to any of your shippers? Yes _____ No _____

Use attachments if necessary

Does your company file reconciliation entries? Yes _____ No _____

Are you C-TPAT certified? Yes ___ No ___ *If yes please provide SVI number: _____

Are you participating in any other supply chain security program? Yes ___ No ___

If yes, please name _____

**include certifications and attachments as necessary

Business References: _____

Professional Associations: _____

Do you require cargo insurance? Yes _____ No _____

Please list any special requirements:

_____Completed by: _____

Signature: _____ Date: _____

Please provide your photo identification

Anexo No.15: Formato Testing Exception Letter

Guatemala, March 3th 2016,

U.S. Customs and Border Protection

Miami

Dear Sirs,

Please be advised we are temporarily importing this vehicle for the sole purpose of participating on a university contest (Shell Eco-marathon Americas 2016, <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon/events/americas.html>).

This prototype currently doesn't have an engine. The Guatemalan team that will be participating in the competition will install it only for the period of the event for the purpose of measuring the weight and mileage.

After the contest the prototype is to be re-exported back to the Universidad Del Valle de Guatemala.

We attest to the fact that this vehicle is not to be used outside the competition track delimited by Shell International.

If you may have any inquiries, please do not hesitate to let us know.

Sincerely,

Ing. José Andrés Hernández Gaitán

Team Manager

Researcher/Professor

Industrial Process Center

Universidad del Valle de Guatemala

Anexo No.17: Formato Testing Exception Request

Guatemala March 1st, 2016

Universidad del Valle de Guatemala
 11 calle 15-79 zona 15 V.H. III, Guatemala City
 Environmental Protection Agency
 United States of America

Testing Exemption Request

1. A concise statement of purpose which shows that the proposed test program has an appropriate basis; research, investigations, studies, demonstrations or training.

The prototype vehicle identified with the chassis number UVGIQ-001 is to be used in the competition organized by Shell; "Shell Eco-marathon Americas". This is a competition that challenges students in all America to build ecological cars that function on different fuel sources. The main objective of the competition is to build a car that can be ultra-efficient in fuel consumption, reaching over 2000 kilometers per gallon under controlled conditions, monitored by Shell International. The Universidad del Valle de Guatemala team car is a prototype ethanol category car. It has 3 wheels, aluminum chassis, fiber glass body and will function with a Honda GXH 50 engine and an Injection kit that allows the engine to work with ethanol. The car was design and built by students of the Universidad del Valle de Guatemala for the whole purpose of participating in the Shell Eco-marathon Americas 2016 competition and future Eco-marathon competitions.

2. That the proposed test program necessitates the granting of an exemption. That is, that the stated purpose cannot be achieved without performing or causing to be performed one or more of the prohibited acts under section 203(a) of the Act.

Without the granting of the exemption, the Universidad Del Valle de Guatemala team won't be able to participate on the Shell Eco-marathon 2016 to be held at Detroit from April 20th to April 24th from this year.

3. That the proposed test program exhibits reasonableness in its scope. The program must have a duration of reasonable length and affect a reasonable number of vehicle or engines. Required items of information include: (a) an estimate of the program duration; (b) the number of vehicles or engines involved; and (c) year and gross vehicle weight rating of each vehicle or engine.

- a) The Shell Eco-marathon Americas 2016 is going to be in Detroit Michigan from April 20th to April 24th, where Shell International only allows the participants to run their vehicles on a certain schedule on a specific course near Cobo Center.

Table No.1 Place and time where the prototype vehicles of the Shell Eco-marathon Americas will be running

Day	Hour	Place	Prototype run
Friday, 22 April 2016	10:00 – 12:00	Track near Cobo Center, MI 48226	✓
Saturday, 23 April 2016	8:00 – 12:00	Track near Cobo Center, MI 48226	✓
Sunday, 24 April 2016	8:00 – 12:00	Track near Cobo Center, MI 48226	✓

Attached you will find the tentative time schedule send by Shell International for the Shell Eco-marathon 2016.

- b) Shell Eco-marathon Americas competition reunites around 80 vehicles design and built by students all over America. Guatemala team has only ONE prototype vehicle running in the competition, identified with the chassis number UVGIQ-001.
 - c) The vehicle from Universidad Del Valle de Guatemala has a gross weight of 55 kg and was manufactured by students this year (2016).
- 4. That the proposed test program exhibits a degree of control consistent with the purpose of the program and EPA's monitoring requirements. As a minimum, required items of information include: (a) the technical nature of the test; (b) the site of the test; (c) the time or mileage duration of the test; (d) the ownership arrangement with regard to the vehicles or engines involved in the test; (e) the intended final disposition of the vehicles or engines; (f) the manner in which vehicle identification numbers or the engine serial numbers will be identified, recorded, and made available; and (9) the means or procedure whereby test results will be recorded. * You must also include the current location of the vehicle(s)/engine(s) at the time of the exemption request, also you will need to include Year, Make, Model, VIN or Serial Number of the vehicle or engine.**
- a) The technical nature of the test is to obtain the consumption of the vehicles built by American students under specific conditions as speed, altitude, time, and fuel type.
 - b) Cobo Center 1 Washington Blvd. Detroit, MI 48226
 - c) The Universidad Del Valle de Guatemala team plans to test the vehicle with duration of 51 miles which are going to be divided in 9 runs around the Cobo Center, Detroit.
 - d) The prototype vehicle will be transported by Crowley Logistics from Guatemala to the warehouse of the company Freeman, 6250 Inkster Rd Romulus, MI 48174, which is the event organizers hire by Shell International. They will take the vehicle to the Cobo Center where it will stay from April 20th to April 24th. Then Crowley Logistics will collect the vehicle from the Cobo Center on Monday 25th and they will return the vehicle to Guatemala.
 - e) The prototype vehicle will return to Guatemala at the end of the competition.
 - f) The prototype vehicle is identified in the chassis with the serial number; UVGIQ-001
 - g) All test results will be recorded by both the Universidad Del Valle de Guatemala by the students and Shell International.

*The current location of the vehicle is 10205 NW 108th Ave Suite# 1 Medley, Fl 33178

Prototype Vehicle Information

Year: 2016

Make: Universidad del Valle de Guatemala

Serial Number: UVGIQ-001

Ing. José Andrés Hernández Gaitán
 Researcher/Professor
 Industrial Process Center
 Universidad del Valle de Guatemala

Tel: +(502) 2364-0336 al 40

Fax: +(502) 2368-8335

E-mail: jahernandez@uvg.edu.gt

Anexo No.18: Formato Costumer Invoice

Shipper:

Universidad del Valle de Guatemala
 11 calle 15-79 zona 15 Vista Hermosa III
 Ciudad de Guatemala
 Guatemala 01015

Consignee:

Shell International
 Shell Echo Marathon
 Cobo Center
 Detroit, MI 48226

Invoice

Articles	Quantity	Detail description of merchandise	Currency	Unit value per article	Total value per article
1	1	UVG IQ- 001 Vehiculo prototipo experimental color verde 01-00107499-1	\$	\$ 3,500.00	\$ 3,500.00
		NO COMMERCIAL VALUE			
			Total value of Invoice		\$ 3,500.00

Guatemala, march 6th 2016

Anexo No.19: Gastos equipo Taq Balam 2015-2016

Rubro	Gasto	Porcentaje
Transporte (Exportación e Importación)	Q 23,289.00	46.57%
Mejoras del vehículo	Q 17,526.89	35.05%
Repuestos y comunicación durante la Shell Eco-marathon	Q 3,826.85	7.65%
Viáticos (11 personas)	Q 5,365.45	10.73%
Total	Q 50,008.19	

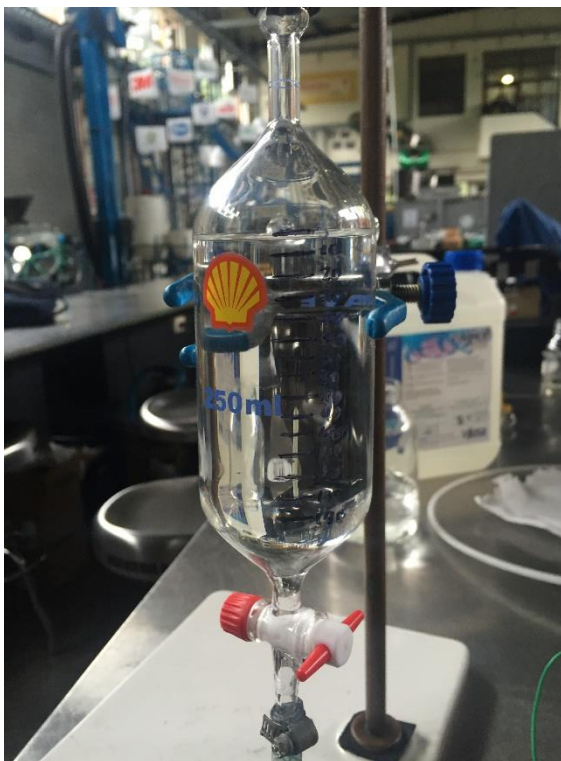
Anexo No. 20: Calibración de tanque de combustible.

1. Colocar tanque de combustible en un soporte universal con la ayuda de unas pinzas.
2. Colocar soporte universal, con el tanque de combustible, sobre una balanza analítica.
3. Colocar un Erlenmeyer de 250 ml sobre la balanza analítica y tarar (ver Figura 57).
4. Llenar el tanque de combustible con etanol hasta el menisco.
5. Abrir llave de paso de combustible en el tanque hasta tener 10 gramos de etanol en el Erlenmeyer y cerrar llave. Marcar con marcador permanente a donde llegó el menisco.
6. Repetir proceso hasta agotar el etanol.

Figura 57. Sistema para calibración de tanque de combustible



Figura 58. Tanque de combustible calibrado para medir masa



Anexo No. 21: Medición de gases de combustión

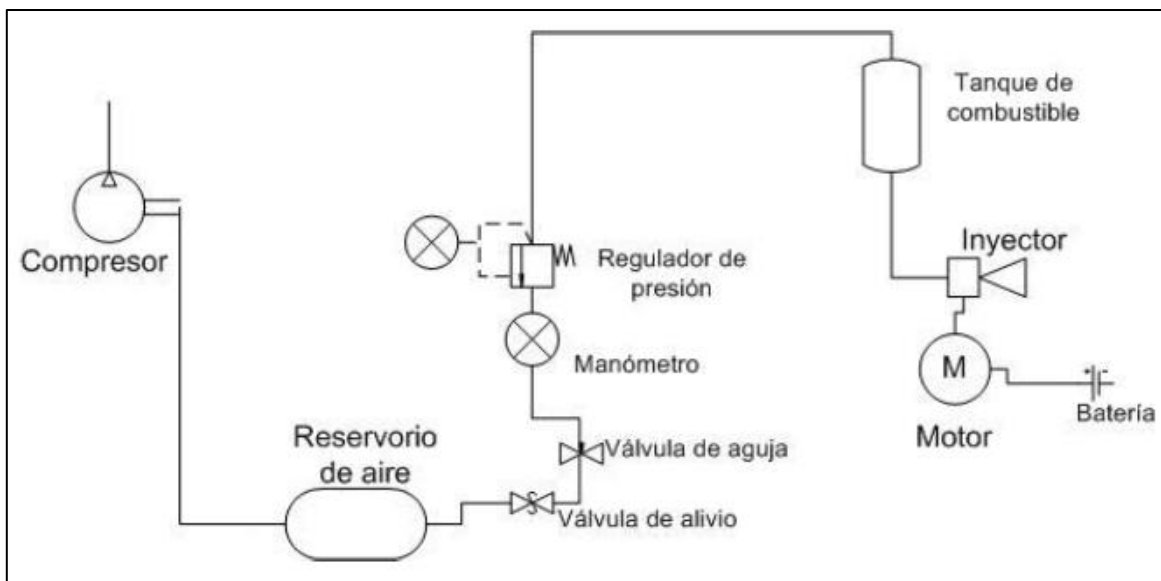
1. Instalar escape de gases de combustión en el motor.
2. Conectar motor a batería.
3. Arrancar motor.
4. Acercar la varilla del analizador de gases Bacharach a la salida del escape.
5. Esperar a que lectura se estabilice.
6. Imprimir resultado en el analizador.

Anexo No. 22: Calibración de flujo de inyección de combustible

1. Llenar el tanque de combustible con etanol hasta la marca de 0.
2. Conectar ECU a computadora.
3. Encender motor.
4. Medir tiempo con un cronómetro.
5. Esperar a que el etanol baje dos marcas en el tanque de combustible.
6. Apagar motor y detener cronómetro.
7. Aumentar en una unidad el flujo de combustible en el software, la variable es VAL_Qstat (Figura 59).
8. Repetir desde el paso 1.
9. Hacerlo desde 10.65 g/min a 17.65 g/min

Anexo No. 24: Diagrama de flujo sistema de inyección.

Figura 61. Diagrama de flujo de motor.



Anexo No. 25: Composición de gases de combustión para balance de masa y energía

O ₂ (%)	14.50%
CO (ppm)	5642
Eficiencia	54.3
CO ₂ (%)	5.2
T gases (°C)	355
T ambiente	24.2
NO (ppm)	13
NO ₂ (ppm)	5
Nox (ppm)	18
SO ₂ (ppm)	54

Nota: Se realizaron varias pruebas hasta tener la lectura más estable.

Anexo No. 26: Velocidades de entrada de aire al motor

Corrida	Velocidad (m/s)
1	1.09
2	1.08
3	1.10
4	1.07
5	1.08
6	1.08
7	1.10
8	1.08

Anexo No. 27: Consumo de etanol según tanque calibrado

Corrida	Medida de tanque (g)	Tiempo (s)
1	20	104
2	30	157
3	40	210
4	50	263
5	60	316
6	70	369
7	80	422
8	90	475

Anexo No. 28: Flujos de etanol para calibración de flujo de software y flujo real

Flujo software (g/min)	flujo real (g/min)
10.65	4.54
11.65	5.80
12.65	6.14
13.65	7.87
14.65	8.38
15.65	9.46
16.65	10.15
17.65	11.46
18.65	12.54

Anexo No. 29: Temperaturas del motor con y sin ventilador

Temperatura motor °C	Temperatura motor con ventilador °C
85.6	79.8
84	78.6
86	80.6
84.5	79
85	80.1
86	81.3
87	82
88	83
86	81

Anexo No. 30: Desempeño de factores de enriquecimiento a diferentes temperaturas iniciales

	Temperatura (°C)	Factor de enriquecimiento	Resultado
1	22.4	8	Arrancó luego de varios intentos
2	22.7	7.5	Arrancó luego de varios intentos
3	23.6	7	No arrancó
4	24.7	8.5	Arrancó luego de varios intentos
5	24.5	9	Arrancó luego de varios intentos
6	22	9.5	No arrancó
7	25	7.6	No arrancó
8	23.8	7.7	Arrancó luego de varios intentos
9	24.4	7.8	Arrancó luego de varios intentos
10	24.7	7.9	Arrancó luego de varios intentos
11	25	8.1	Arrancó luego de varios intentos
12	24.6	8.2	Arrancó
13	24.4	8.3	Arrancó
14	24.5	8.4	Arrancó
15	25	8.5	Arrancó luego de varios intentos
16	24.7	8.6	Arrancó luego de varios intentos
17	24.7	8.7	Arrancó luego de varios intentos
18	24.4	8.8	Arrancó luego de varios intentos
19	23.8	8.9	No arrancó
20	24.7	9	No arrancó

Nota: Se consideró que si arrancaba al primer intento era "arrancó", si arrancaba entre 2 o 4 intentos era "arrancó luego de varios intentos" y más de 4, con arranque o sin arranque, se consideraba como que no arrancaba.

Anexo No. 31: Composición de gases con modificación de ángulo de retraso de chispa

O ₂ (%)	11.5%
CO (ppm)	2500
Eficiencia	60.2
CO ₂ (%)	8
T gases (°C)	371
T ambiente	24
NO (ppm)	0
NO ₂ (ppm)	5
Nox (ppm)	5
SO ₂ (ppm)	44

Nota: Se realizaron varias pruebas hasta tener la lectura más estable.

Anexo No. 32: Composición de gases de combustión para pruebas con ventilador

O ₂ (%)	14.40%
CO (ppm)	5750
Eficiencia	54.3
CO ₂ (%)	5.1
T gases (°C)	349
T ambiente	24.7
NO (ppm)	12
NO ₂ (ppm)	4
Nox (ppm)	16
SO ₂ (ppm)	50

Nota: Se realizaron varias pruebas hasta tener la lectura más estable.

Anexo No. 34: Desempeño del arranque del motor a diferentes ángulos de retraso.

	Ángulo en software	Posición de la pieza	Desempeño
1	0	Centrada	No arranca, hace mucho ruido extraño.
2	0	Ajustada al mínimo	No arranca, hace mucho ruido extraño.
3	0	Ajustada al máximo.	No arranca del todo, hace mucho ruido extraño.
4	-5	Ajustada al máximo.	Arranca con mucha dificultad.
5	-10	Ajustada al máximo.	Arranca con mucha dificultad. Gases de combustión negros.
6	-15	Ajustada al máximo.	No arrancó.
7	-20	Ajustada al máximo.	Arranca con facilidad. No hay ruidos extraños, no hay gases de combustión negros.
8	-22	Ajustada al máximo.	Arranca con facilidad, pero se apaga rápidamente.
9	-24	Ajustada al máximo.	Arranca con facilidad, pero tiene ruido extraño.
10	-26	Ajustada al máximo.	Arranca con dificultad. Presenta ruido extraño.

Anexo No. 35: Temperaturas de motor para balance de energía

Temperatura motor °C	Temperatura ambiente °C
85.6	24.7
84	24.5
86	22
84.5	25
85	23.8
86	24.4
87	24.7
88	25
86	24.6

Anexo No. 36: Flujo másico de aire.

Se supuso que la entrada de aire es un cilindro de 4 centímetros de diámetro entonces:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \left(\frac{4}{100}\right)^2}{4} = 0.0013 \text{ m}^2$$

Se estimó la densidad del aire a la temperatura y presión ambiente dando como resultado 1.19 kg/m^3 . Entonces para la velocidad lineal de entrada de 1.09 m/s .

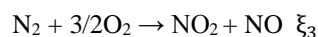
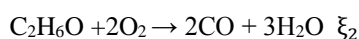
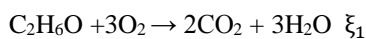
$$\dot{m} = v * A * \rho = \left(\frac{1.09 \text{ m}}{\text{s}}\right) * (0.0013 \text{ m}^2) * \left(1.19 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 60 * 1000 = 97.84 \text{ g/min}$$

Anexo No. 37: Balance de masa.

Resolviendo para análisis de gases de combustión realizado antes de ajuste de ángulo de ignición. Se realizó el mismo procedimiento de cálculo para las demás mediciones.

Base de cálculo: 100 gramos de gases de combustión.

Reacciones:



Planteando ecuaciones por especie:

$$n_{\text{etOH}} = n_{\text{etOH}}^0 - \xi_1 - \xi_2$$

$$n_{\text{O}_2} = n_{\text{O}_2}^0 - 3\xi_1 - 2\xi_2 - 3/2\xi_3$$

$$n_{CO_2} = n_{CO_2}^0 + 2\xi_1$$

$$n_{CO} = n_{CO}^0 + 2\xi_2$$

$$n_{N_2} = n_{N_2}^0 - \xi_1$$

$$n_{NO_2} = n_{NO_2}^0 + \xi_3$$

$$n_{NO} = n_{NO}^0 + \xi_3$$

$$n_{H_2O} = n_{H_2O}^0 + 3\xi_1 + 3\xi_2$$

Las ecuaciones involucrando NO y NO₂ se trabajan como una sola (NO_x) debido a que las concentraciones son similares y bajas.

Sustituyendo las variables conocidas:

$$n_{etOH} = n_{etOH}^0 - \xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

$$0.453 = n_{O_2}^0 - 3\xi_1 - 2\xi_2 - 3/2\xi_3 \quad (2)$$

$$0.118 = 0 + 2\xi_1 \quad (3)$$

$$0.02 = 0 + 2\xi_2 \quad (4)$$

$$n_{N_2} = n_{N_2}^0 - \xi_1 \quad (5)$$

$$6.05 * 10^{-5} = 0 + \xi_3 \quad (6)$$

$$n_{H_2O} = 0 + 3\xi_1 + 3\xi_2 \quad (7)$$

De (3) obtengo:

$$\xi_1 = 0.059$$

De (4) obtengo:

$$\xi_2 = 0.010$$

De (5) obtengo:

$$\xi_3 = 6.05 * 10^{-5}$$

Conociendo estos valores encuentro todos los moles de salida y entrada faltantes.

Entrada:

$$n_{etOH} = 0231$$

$$n_{O_2} = 0.650$$

$$n_{N_2} = 2.448$$

Salida:

$$n_{N_2} = 2.447$$

$$n_{NO_x} = 1.08 \times 10^{-5}$$

$$n_{H_2O} = 0.207$$

Para convertir de porcentaje en masa a moles (Usando O_2 como ejemplo):

$$20.7\% O_2 * 100g = 20.7 g O_2 * \frac{1 mol O_2}{32 g O_2} = 0.648 moles O_2$$

Anexo No. 38: Balance de energía.

Basado en el balance de masa utilizado en el Anexo No 37.

$$\Delta H = Q + W$$

Donde:

$$\Delta H = \Delta H_{298} + \Delta H_p + \Delta H_r$$

Para ΔH_{298} :

Reacción 1	C_2H_6O	O_2	CO_2	H_2O
Vi	-1	-3	2	3
ΔH_{fi} (J/mol)	-277690	0	-393509	-241818

$$\begin{aligned} \Delta H_{rxn1} &= (-1)(-277690) - (3)(0) + (2)(-393509) + (3)(-241818) = -1,234,782 \frac{J}{mol} * 0.118 \\ &= -145,704.276 J \end{aligned}$$

Reacción 2	C_2H_6O	O_2	CO	H_2O
Vi	-1	-2	2	3
ΔH_{fi} (J/mol)	-277690	0	-110525	-241818

$$\Delta H_{rxn2} = (-1)(-277690) - (3)(0) + (2)(-110525) + (3)(-241818)$$

$$= -668,814 \frac{J}{mol} * 0.02 = -13,376.28 J$$

Reacción 3	N ₂	O ₂	NO ₂
Vi	-1/2	-2	1
ΔH _{fi} (J/mol)	0	0	-33200

$$\Delta H_{rxn3} = (-33200) = -33,200 \frac{J}{mol} * (1.08 * 10^{-5}) = -0.332 J$$

Nota: Esta entalpía es demasiado pequeña en comparación con las de las otras reacciones, por lo que se puede ignorar

$$\Delta H_{298} = \Delta H_{rxn1} + \Delta H_{rxn2} = -159,080.27 J$$

Para los reactivos se debe llevar de la temperatura ambiente promedio, 297.85, a la referencia de 298 K. R es igual a 8.314 J/mol*K.

$$\Delta H_r = R \int \frac{\Delta C_p}{R} dT \text{ y } \frac{\Delta C_p}{R} = \Delta A + \Delta B + \Delta CT^2 + \Delta DT^3$$

Especie	moles iniciales	moles salida	A	B	C	D
C ₂ H ₆ O	0.2210	0.1620	33.87	-0.1726	0.000349	0
O ₂	0.6510	0.4530	3.64	0.0005	0	-22700
N ₂	2.4480	2.4470	3.28	0.0006	0	4000
CO ₂	0	0.1180	5.46	0.0010	0	-115700
CO	0	0.0200	3.38	0.0006	0	-3100
NO ₂	0	0.00001	4.98	0.0012	0	-79200
H ₂ O	0	0.2070	3.47	0.0015	0	12100

Se calcula para A, B, C y D tomando en cuenta todas las especies.

$$\Delta A = \sum ni * Ai$$

	ΔA	ΔB	ΔC	ΔD
Reactivos	17.882815	-0.0363635	7.7167E-05	-4985.7

Resolviendo integral con la ayuda de Excel se obtiene:

$$\Delta H_r = 47,234.48$$

De igual manera se procede a resolver para los productos, con la diferencia que ahora se desea llevar la integral de la referencia 298 K a la temperatura de los gases de combustión (628.15 K).

$$\Delta H_p = -39,746.52 J$$

Entonces

$$\Delta H = \Delta H_{298} + \Delta H_p + \Delta H_r = -159,080.27 J - 39,746.52 J + 47,234.48 = -151,592.31 J$$

Para las pérdidas de calor se tiene (en un minuto de corrida):

$$Q = h_i * A * \Delta T$$

Se modela cada pared del motor como una placa de alto $L = 0.353$ m.

$$T_f = \frac{T_w + T}{2} = \frac{85.78^\circ C - 24.7^\circ C}{2} = 30.54^\circ C$$

Asumiendo gas ideal:

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{(102400 Pa)(29)M}{(8314.47 \frac{Pa \cdot m^3}{mol \cdot K})(303.69 K)} = 1.17 \frac{kg}{m^3}$$

A partir de nomograma de viscosidad de gases (McCabe, 2007):

$$\mu_f = 0.000018 Pa \cdot s$$

Como propiedades del aire se tiene $k = 0.0342$ W/m*K y $C_p = 1012.78$ J/kg*K (Cengel, 2006):

$$N_{Pr} = \frac{C_p \mu}{k} = 0.5319$$

$$\beta = \frac{1}{T_f + 273.15} = 0.0033 K^{-1}$$

Sustituyendo todas las variables previamente encontradas:

$$N_{Gr} = \frac{L^3 \rho_f^2 \beta_f g \Delta T}{\mu_f^2} = 4.36 * 10^8$$

$$N_{Ra} = N_{Gr} N_{Pr} = 2.32 * 10^8$$

De tabla 12.4 de McCabe:

$$b = 0.59$$

$$n = 0.25$$

$$\frac{hL}{k} = b(N_{Ra})_f^n = 0.59(2.32 * 10^8)^{0.25} = 72.80$$

Despejando para h:

$$h = 7.067 \frac{W}{m^2 K}$$

Para el área de transferencia:

$$A = \text{alto} * \text{largo} = 0.079 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$Q = - \left(7.067 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} \right) * 0.079 m^2 * (85.78 - 24.7) ^\circ C = -34.18 W$$

Por las 6 caras del cubo:

$$Q = -34.18 W * 6 = -207.09 W$$

Despejando para W, tomando en cuenta 1 minuto de medición:

$$W = \Delta H - Q = -2,526.53 W - (-207.09 W) = -2,319.45 W = -2.32 kW$$

Anexo No. 39: Datos de placa del motor

Marca	Honda
Modelo	GXH50
Desplazamiento	49.4 cc
Combustible	Gasolina / etanol
Relación de compresión	8:1
Capacidad del tanque	0.250 L
Rendimiento	0.91 L/h
Potencia neta	1.6 kW

Anexo No. 40: Datos de placa de analizador de gases de combustión

Marca	United Technologies Bacharach
Modelo	Fyrite Test Bacharach
Incertidumbre	±0.25%

Anexo No. 41: Datos de placa de tacómetro

Marca	Extech Instruments
Rango	2 – 99,999 RPM
Máxima distancia de medición	500 mm
Resolución	0.1 RPM

Anexo No. 42: Datos de placa del termómetro infrarrojo

Marca	DiversiTech
Serie	IRT-1
Rango	-76 – 932 °F; -60 – 500 °C
Incertidumbre	±0.1 °F; ±0.1 °C

Anexo No. 43: Datos de placa de balanza analítica

Marca	BOECO Germany
capacidad	220 g
Incertidumbre	± 0.0001 g

Anexo No. 44: Flujos máxicos de aire

Corrida	Flujo máxico de aire (g/min)
1	98.46
2	97.42
3	98.63
4	96.23
5	96.53
6	96.81
7	98.44
8	96.50

Anexo No. 45: Flujos máxicos de etanol

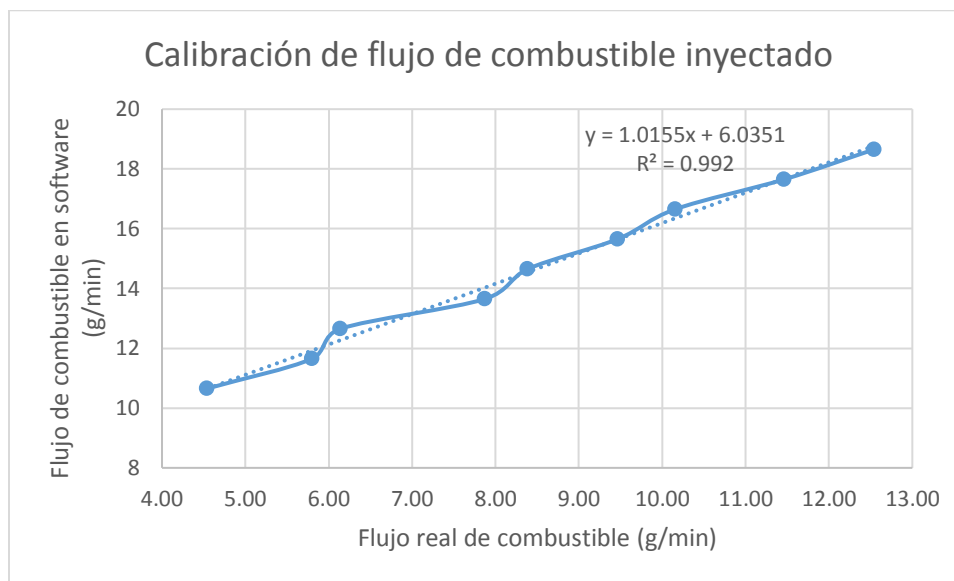
Corrida	Flujo máxico de etanol (g/min)
1	11.54
2	11.46
3	11.43
4	11.41
5	11.39
6	11.38
7	11.37
8	11.37

Anexo No. 46: Porcentajes de etanol reaccionado para pruebas con ventilador

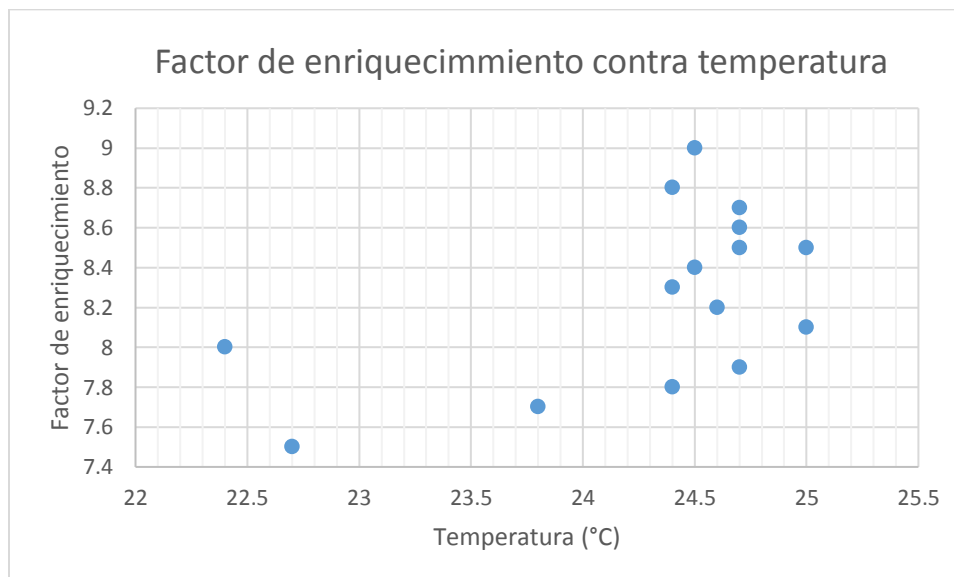
Corrida	% etanol reaccionado
1	26.4%
2	27%
3	26.5%
4	26%
5	26.6%
6	26.7%
7	26.7%
8	26.7%

Nota: Estas pruebas fueron realizadas en diferentes días.

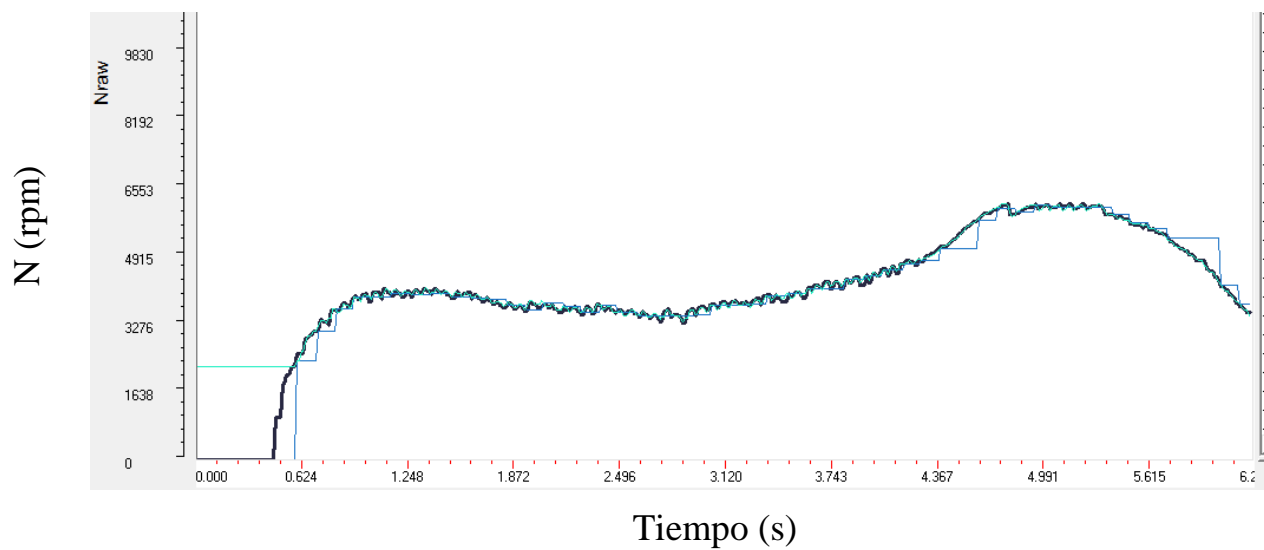
Anexo No. 47: Curva de calibración de flujo de inyección de combustible



Anexo No. 48: Dispersión entre temperatura inicial del motor y factor de enriquecimiento de combustible antes del arranque



Anexo No 49: Curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 1)



Nota: El tiempo cero indica el tiempo en el que se empezó a tomar las mediciones, no el inicio del arranque. Medición realizada a condiciones estándar.

Anexo No. 50: Datos de la generación de la Curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 1)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
43ms	0	27341	74	0	4096
151ms	0	27348	74	0	4096
258ms	0	27311	74	0	4096
366ms	0	27304	74	0	4096
473ms	0	27260	74	0	4096
582ms	9558	26775	74	24	4096
699ms	12325	26246	74	21	4096
816ms	14508	26034	74	19	4096
923ms	15631	25679	74	15	4096
1032ms	15634	24714	74	10	4096
1140ms	15978	25455	74	4	4096
1258ms	15822	25417	74	1	4096
1375ms	16023	24963	74	-5	4096
1494ms	15657	25175	74	-11	4096
1611ms	15572	25411	74	-15	4096
1720ms	15448	25200	74	-15	4096
1827ms	14841	25455	74	-12	4096
1935ms	14444	25468	74	-12	4096
2043ms	15113	25430	74	-12	4096
2161ms	14749	25529	74	-9	4096
2268ms	14117	25561	74	-11	4096
2374ms	14818	25580	74	-12	4096
2483ms	14226	25635	74	-9	4096
2601ms	13867	25586	74	-9	4096
2709ms	13845	25610	74	-11	4096

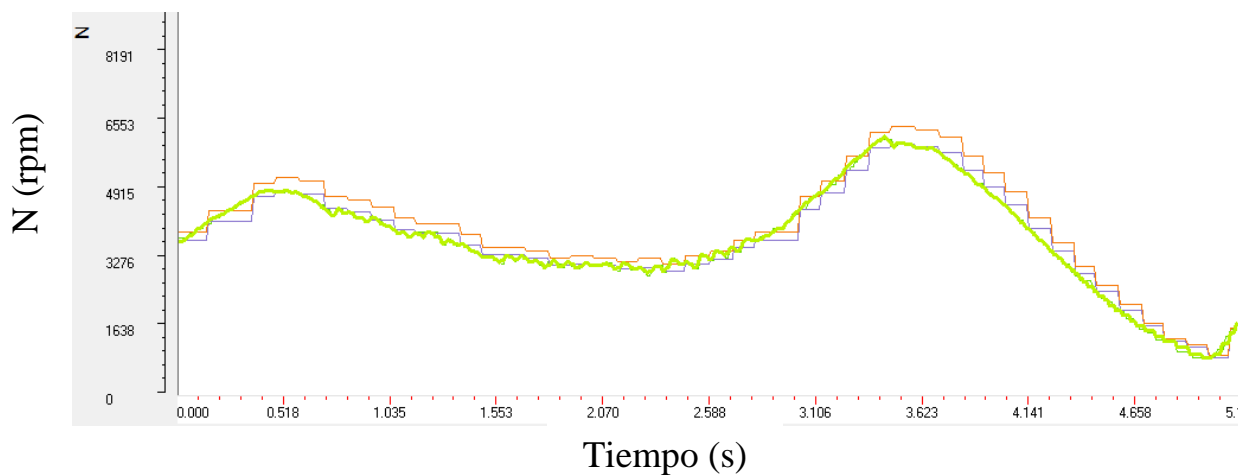
Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 51: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 1)
(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
2816ms	13827	25661	74	-9	4096
2936ms	13983	25623	74	4	4096
3042ms	14869	25586	74	4	4096
3149ms	14855	24515	74	7	4096
3257ms	14997	25591	74	9	4096
3364ms	15801	25536	74	9	4096
3483ms	15981	25486	74	9	4096
3827ms	17334	25393	74	13	4096
3945ms	17705	25336	74	13	4096
4052ms	18278	25317	74	15	4096
4170ms	18855	25237	74	21	4096
4276ms	19176	25194	74	25	4096
4385ms	20299	25063	74	31	4096
4611ms	23010	24931	74	40	4096
4718ms	24123	24832	74	45	4096
4837ms	23769	24819	74	43	4096
4945ms	24524	24770	74	45	4096
5052ms	24244	24764	74	45	4096
5170ms	24279	24764	74	45	4096
5288ms	24289	24738	74	43	4096
5407ms	23557	23450	74	42	4096
5514ms	22818	24801	74	42	4096
5622ms	22253	24683	74	40	4096
5729ms	21362	24365	74	37	4096
6051ms	16783	25137	74	24	4096

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 52: Curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 1)



Nota: El tiempo cero indica el tiempo en el que se empezó a tomar las mediciones, no el inicio del arranque. Medición realizada a condiciones estándar.

Anexo No. 53: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 2)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
29ms	14868	25716	83	16	4096
137ms	16627	25542	83	10	4096
470ms	19515	25187	83	-5	4096
587ms	19275	25162	83	-11	4096
706ms	17874	25212	83	-12	4096
825ms	17608	25287	83	22	4096
932ms	16830	25380	83	19	4096
1157ms	15586	25449	83	21	4096
1372ms	14426	25623	83	27	4096
1479ms	13472	25616	83	19	4096
1694ms	13184	25760	83	21	4096
1802ms	12462	25810	83	16	4096

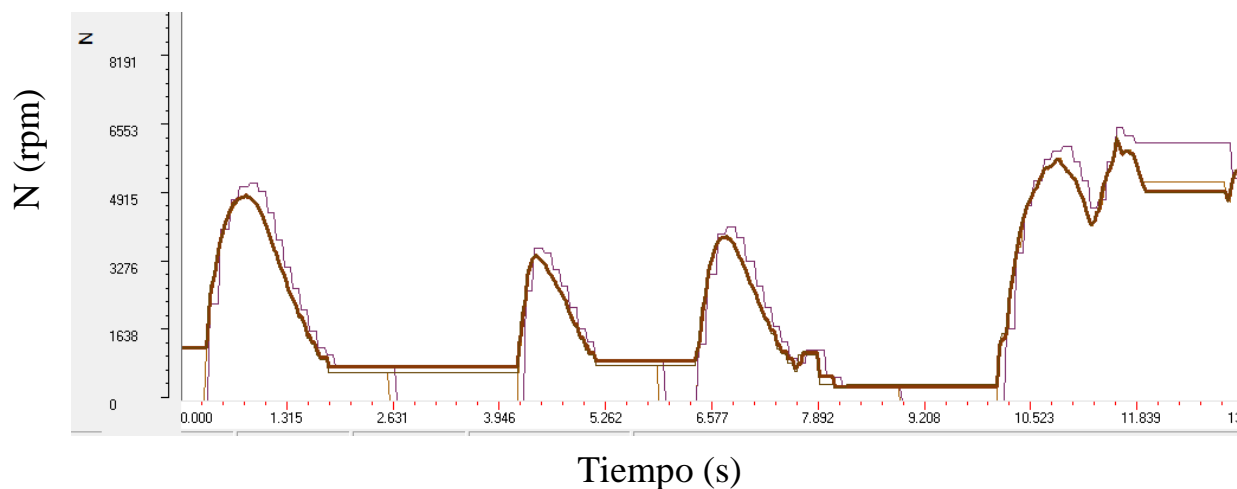
Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del "Manifold" – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 54: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 2)
(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
2026ms	12456	25828	83	7	4096
2135ms	12106	25741	83	4	4096
2242ms	12269	25754	83	4	4096
2359ms	11955	25779	83	4	4096
2468ms	12615	25879	83	4	4096
2596ms	13079	25816	83	4	4096
2705ms	14142	25661	83	4	4096
2812ms	14871	25567	83	7	4096
3026ms	17820	25436	83	15	4096
3134ms	19387	25274	83	24	4096
3253ms	21564	25131	83	34	4096
3371ms	23710	24969	83	42	4096
3477ms	24025	24888	83	45	4096
3596ms	23778	24851	83	45	4096
3713ms	23254	24838	83	43	4096
3821ms	21535	24870	83	39	4096
3929ms	19932	24975	83	31	4096
4036ms	18266	24914	83	24	4096
4145ms	16035	25050	83	25	4096
4263ms	13827	25417	83	24	4096
4371ms	11625	23773	83	24	4096
4596ms	8209	24870	83	24	4096
4703ms	6679	26283	83	24	4096
4811ms	5220	25243	83	24	4096
4918ms	4627	26787	83	24	4096
5025ms	3664	27080	83	24	4096

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 55: Curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)



Nota: El tiempo cero indica el tiempo en el que se empezó a tomar las mediciones, no el inicio del arranque. Medición realizada a condiciones estandar.

Anexo No. 56: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
0ms	524	106.66	74	12	1
106ms	524	106.78	74	12	1
215ms	524	106.78	74	12	1
333ms	2207.5	102.28	74	10.5	1
473ms	3848.25	99.43	74	11	1
580ms	4518	98.32	74	8	1
699ms	4823.5	97.83	74	12	1
817ms	4885	97.44	74	14	1
924ms	4714.25	97.54	74	12	1
1032ms	4232	97.90	74	12.5	1
1138ms	3635	98.51	74	12.5	1
1245ms	3016.5	99.38	74	12.5	1
1354ms	2557.25	99.70	74	12.5	1

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), vVelocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del "Maniford" – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 57: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)
(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
1677ms	1224	103.76	74	12.5	1
1784ms	1046	103.35	74	12	1
1892ms	815	100.70	74	12	1
1999ms	815	100.70	74	12	1
2107ms	815	100.70	74	12	1
2214ms	815	100.70	74	12	1
2322ms	815	100.70	74	12	1
2429ms	815	100.70	74	12	1
2536ms	815	100.70	74	12	1
2644ms	815	106.76	74	12	1
2751ms	815	106.66	74	12	1
2859ms	815	106.76	74	12	1
2965ms	815	106.66	74	12	1
3074ms	815	106.68	74	12	1
3181ms	815	106.66	74	12	1
3287ms	815	106.76	74	12	1
3395ms	815	106.68	74	12	1
3502ms	815	106.66	74	12	1
3611ms	815	106.85	74	12	1
3719ms	815	106.80	74	12	1
3826ms	815	106.66	74	12	1
3934ms	815	106.78	74	12	1
4149ms	815	103.86	74	12	1
4256ms	2481	102.96	74	13.5	1
4364ms	3421.5	100.24	74	11	1
4483ms	3301.75	99.51	74	9.5	1

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del "Manifold" – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 58: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)

(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
4588ms	2984	99.21	74	12.5	1
4697ms	2585	99.75	74	12.5	1
4804ms	2109.5	100.41	74	12.5	1
4910ms	1675	100.89	74	12.5	1
5018ms	1331	103.50	74	12.5	1
5127ms	956.75	98.19	74	12	1
5234ms	956.75	98.19	74	12	1
5340ms	956.75	98.19	74	12	1
5448ms	956.75	98.19	74	12	1
5555ms	956.75	98.19	74	12	1
5664ms	956.75	98.19	74	12	1
5771ms	956.75	98.19	74	12	1
5877ms	956.75	98.19	74	12	1
5985ms	956.75	106.68	75	12	1
6092ms	956.75	106.66	75	12	1
6200ms	956.75	106.76	75	12	1
6309ms	956.75	107.27	74	12	1
6416ms	1304.75	103.39	74	10.5	1
6522ms	2840.75	102.96	74	12.5	1
6632ms	3750.75	99.65	74	11	1
6750ms	3942	98.51	74	8	1
6877ms	3667.5	98.55	74	5	1
6997ms	3125.75	99.43	74	12.5	1
7104ms	2634.25	99.51	74	12.5	1
7222ms	2135.5	100.26	74	12.5	1
7330ms	1706	100.53	74	12.5	1

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 59: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)
(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
7545ms	1009.25	101.09	74	12	1
7652ms	866.5	106.83	74	12	1
7758ms	1148.75	101.45	74	12	1
7866ms	1148.75	102.01	74	12	1
7975ms	597.75	106.63	75	12	1
8082ms	597.75	106.63	75	12	1
8190ms	347.75	105.68	75	10.5	1
8297ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8403ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8512ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8619ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8727ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8835ms	346.25	101.78	75	10.5	1
8942ms	346.25	106.63	75	10.5	1
9049ms	346.25	106.78	75	10.5	1
9157ms	346.25	106.68	75	10.5	1
9264ms	346.25	106.66	75	10.5	1
9372ms	346.25	106.78	75	10.5	1
9479ms	346.25	106.78	75	10.5	1
9587ms	346.25	106.63	75	10.5	1
9694ms	346.25	106.66	75	10.5	1
9802ms	346.25	106.71	75	10.5	1
10016ms	346.25	106.76	75	10.5	1
10124ms	346.25	103.59	75	10.5	1
10232ms	1629.5	102.28	75	13.5	1

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del "Manifold" – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 60: Datos de la generación de la curva de la velocidad del motor en función del tiempo (corrida 3)
(continuación)

Tiempo	Velocidad	MAP	Temperatura	Chispa	A/F
ms	Rpm	kPa	°C	Grados	-
10458ms	4433.5	99.00	75	10.5	1
10565ms	4953	97.88	75	12.5	1
10683ms	5402.5	97.51	75	18	1
10791ms	5618	97.12	75	20	1
10918ms	5703.75	96.83	75	21	1
11060ms	5383.5	96.32	75	18.5	1
11167ms	4928.25	93.28	75	15.5	1
11274ms	4324	102.40	75	21.5	1
11382ms	4540.75	101.07	75	31.5	1
11489ms	5381.25	99.87	75	21	1
11596ms	6166.75	104.52	75	32	1
11704ms	5945.25	100.50	75	26	1
11822ms	5767.75	97.07	75	21	1
13026ms	4991.25	103.37	75	24.5	1
13133ms	5508.25	98.00	75	19.5	1

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor (revoluciones por minuto), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), temperatura del motor (°C), avance de chispa (grados), relación aire-combustible – A/F (adimensional).

Anexo No. 61: Datos de los coeficientes para multiplicar y encontrar el valor real de las mediciones

Variable	Unidades	Coefficientes
time	ms	1
RPM	Rpm	0.25
MAP	kPa	0.00390625
TPS	%	0.00152588
ECT	DegC	1
IAT	DegC	1
O2S	V	0.00488281
SPARK	CrA	0.5
FUELPW1	ms	1.00E-03
FUELPW2	ms	1.00E-03
LamWO2	-	0.00024414
B_StaEnd	-	1
fFlSta	-	0.00097656
TmSta	DegC	1
N_b	Rpm	60
Tm	DegC	1
Ta	DegC	1
Pam	hPa	0.0390625
LamDsr	-	0.00024414
fPreCtl	-	0.00097656
B_LamOvr	-	1
Ld_b	%	0.75000018
fAstWmp	-	0.00024414
fAst	-	0.00024414

Anexo No. 62: Cálculos de muestra para el módulo de eficiencia volumétrica

Cálculo No. 1: Cálculo de los valores reales de las mediciones con sus coeficientes

Se utilizaron los valores que se encuentran en el Anexo No. 61, el cual contiene los valores de los coeficientes para poder calcular los valores reales medidos por el programa de EcoCAL.

$$RPM_{real} = RPM_{medido} * COEFF = 14,868 * 0,25 = 3,717 \text{ rpm}$$

De la misma manera se calculó las demás variables, como lo son la temperatura, avance de chispa, presión en el manifold, relación aire combustible, utilizando sus coeficientes respectivos.

Cálculo No. 3: Cálculo de la Temperatura en Kelvin.

Utilizando la ecuación de temperatura en K, se calcularon las temperaturas medidas por el programa para utilizarlas en dimensionales absolutas.

$$T (K) = ^\circ C + 273.15^\circ = 83^\circ C + 273.15^\circ = 356.15 K$$

De la misma manera se calcularon para los demás valores en todas las corridas.

Cálculo No. 4: Masa de aire que entra al motor

Se utilizó la Ecuación No. 1, como se mencionó en el apartado A de la sección de Marco Teórico.

$$m = \frac{nPV}{RT}$$

Utilizando como datos de muestra los obtenidos mediante la medición con el programa de EcoCAL del inyector, para una corrida:

$$m = \frac{MPV}{RT} = \frac{29 \frac{g}{mol} * 106.65625 \text{ kPa} * 50 \text{ mL}}{8,314.472 \frac{\text{kPa} \cdot \text{mL}}{\text{mol} \cdot \text{K}} * 339.15 \text{ K}} = 0.054844 \text{ g aire}$$

De la misma manera, se calcularon la masa perteneciente a cada tiempo distinto en el que se tomaron las respectivas mediciones de presión, volumen y temperatura.

Cálculo No. 5: Cambio de dimensionales en la velocidad del motor.

Para realizar el cálculo perteneciente a las revoluciones por segundo:

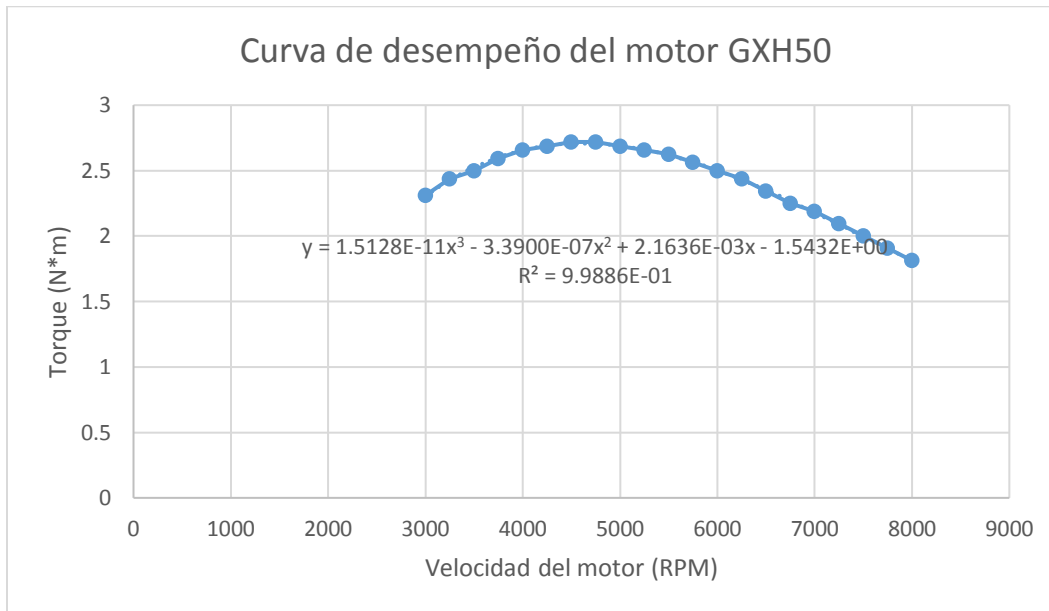
$$\frac{4,518 \text{ rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 54.8732 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

De la misma manera, se calcularon las revoluciones por segundo a cada tiempo distinto en el que se tomaron las respectivas mediciones de velocidad en RPM.

Cálculo No. 6: Curva de desempeño del motor GXH50 .

Utilizando los datos distribuidos en la curva de desempeño proporcionada por el fabricante, se elabora una curva en Excel.

Curva de desempeño del motor GXH50 duplicada a partir de la proporcionada por el fabricante del motor.



Cálculo No. 8: Modelo de regresión de múltiples variables.

Se realizó una regresión múltiple utilizando la herramienta de Análisis de Datos de Excel.

Un modelo de regresión lineal con el aspecto:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Donde Y es la variable dependiente, los términos X_i representan las variables independientes o explicativas.

Los coeficientes del modelo b_i son calculados por el programa estadística, de modo que se minimicen los residuos.

Los coeficientes de la regresión de múltiples variables son los siguientes:

Resultados de la varianza de la regresión múltiple

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>
Intercepción	3.19657146	1.28634386
RPS (X ₂)	1.2237E-05	0.00030919
SPARK (X ₃)	0.05558739	0.00483482
LamWO2	0	0
Masa (X ₁)	58.9118772	24.1748668

Con la forma: $y = 3.1966 + 58.9119 \cdot X_1 + (1.2237 \cdot 10^{-5})X_2 + 0.0556X_3$,

Resultados de la varianza de la regresión múltiple

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	4	266.961707	66.7404268	378.556253	5.6011E-82
Residuos	165	29.0899182	0.17630253		
Total	169	296.051625			

Se acudió a la prueba de significancia F de Fisher, en la cual se plantea la hipótesis: $H_1: \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4 \neq 0$; y su hipótesis nula: $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 0$. Donde β representa a los coeficientes resultantes de la regresión múltiple para cada variable. Debido a que el valor F es de 378.56, y este debe ser mayor al crítico, el cual es 5.6011E-82, se rechaza la hipótesis nula y se acepta H_1 .

Resultados de la estadística de la regresión múltiple

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.94960012
Coefficiente de determinación R ²	0.90174039
R ² ajustado	0.89935834
Error típico	0.41988395
Observaciones	170

Cálculo No. 9: Prueba T para la comparación de la validación del modelo.*Resultados de la prueba T para la validación del modelo.*

	<i>Velocidad del motor experimental</i>	<i>Velocidad del motor teórica</i>
Media	3731.744186	122.886373
Varianza	1716446.504	1013.80609
Observaciones	43	43
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.270317075	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	42	
Estadístico t	17.94022012	
P(T<=t) una cola	1.32094E-21	
Valor crítico de t (una cola)	1.681952357	
P(T<=t) dos colas	2.64188E-21	
Valor crítico de t (dos colas)	2.018081703	

Planteando las hipótesis:

H₁: Existe diferencia significativa entre los datos modelados y los experimentales.

H₀: No existe diferencia significativa entre los datos modelados y los experimentales.

Debido a que se tuvo como resultado un punto P de $2.6419 \cdot 10^{-21}$, el cual es menor al valor crítico de t, que es de 2.018, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis afirmativa que dice que sí existe diferencia significativa entre el modelo y los datos experimentales.

Cálculo No. 10: Realización de regresiones polinómicas para determinar la ecuación de eficiencia volumétrica

Se determinó una ecuación de eficiencia volumétrica dependiente del tiempo, en donde se relaciona la masa de aire teórica con la masa de aire experimental para obtener la eficiencia volumétrica.

$$y(x) = \frac{2.44 \cdot 10^{-16}x^4 - 2.09 \cdot 10^{-12}x^3 + 5.49 \cdot 10^{-9}x^2 - 4.52 \cdot 10^{-6}x + 4.88 \cdot 10^{-2}}{1.15 \cdot 10^{-8}x^2 - 6.96 \cdot 10^{-5}x + 1.91 \cdot 10^{-1}}$$

Gráfico de masa de aire teórica obtenida con los datos de la simulación en Matlab.

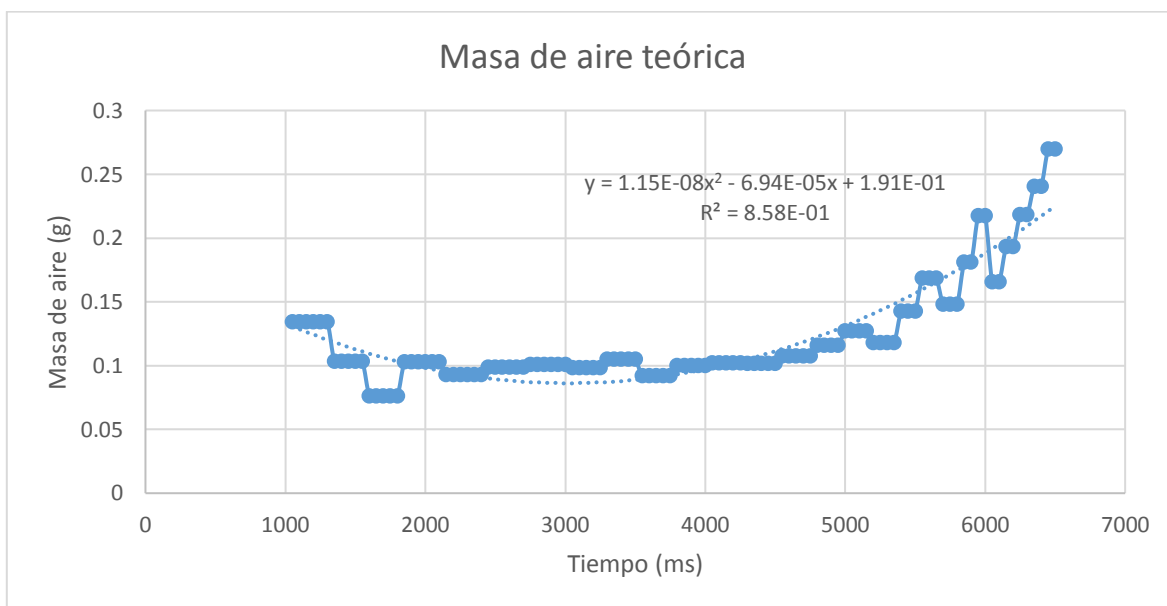
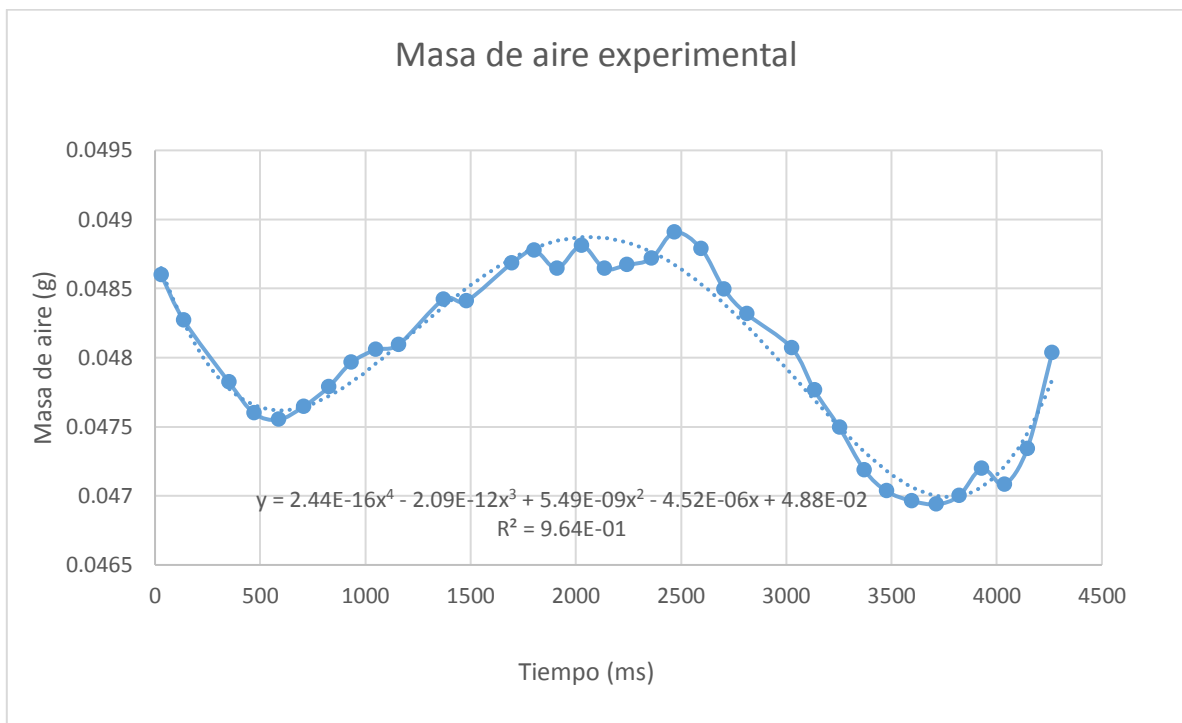


Gráfico de masa de aire experimental obtenida con los datos calculados de masa a partir de corridas.



Anexo No. 63: Datos calculados del módulo de eficiencia volumétrica

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 1.

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa aire
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	°C	mL	g aire
43ms	106.80	8314.472	347.15	49.4	0.0530
151ms	106.83	8314.472	347.15	49.4	0.0530
258ms	106.68	8314.472	347.15	49.4	0.0530
366ms	106.66	8314.472	347.15	49.4	0.0529
473ms	106.48	8314.472	347.15	49.4	0.0529
582ms	104.59	8314.472	347.15	49.4	0.0519
699ms	102.52	8314.472	347.15	49.4	0.0509
816ms	101.70	8314.472	347.15	49.4	0.0505
923ms	100.31	8314.472	347.15	49.4	0.0498
1032ms	96.54	8314.472	347.15	49.4	0.0479
1140ms	99.43	8314.472	347.15	49.4	0.0494
1258ms	99.29	8314.472	347.15	49.4	0.0493
1375ms	97.51	8314.472	347.15	49.4	0.0484
1494ms	98.34	8314.472	347.15	49.4	0.0488
1611ms	99.26	8314.472	347.15	49.4	0.0493
1720ms	98.44	8314.472	347.15	49.4	0.0489
1827ms	99.43	8314.472	347.15	49.4	0.0494
1935ms	99.48	8314.472	347.15	49.4	0.0494
2043ms	99.34	8314.472	347.15	49.4	0.0493
2161ms	99.72	8314.472	347.15	49.4	0.0495
2268ms	99.85	8314.472	347.15	49.4	0.0496
2374ms	99.92	8314.472	347.15	49.4	0.0496
2483ms	100.14	8314.472	347.15	49.4	0.0497
2601ms	99.95	8314.472	347.15	49.4	0.0496

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 1. (Continuación)

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa aire
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	°C	mL	g aire
2816ms	100.24	8314.472	347.15	49.4	0.0498
2936ms	100.09	8314.472	347.15	49.4	0.0497
3042ms	99.95	8314.472	347.15	49.4	0.0496
3149ms	95.76	8314.472	347.15	49.4	0.0475
3257ms	99.96	8314.472	347.15	49.4	0.0496
3364ms	99.75	8314.472	347.15	49.4	0.0495
3483ms	99.55	8314.472	347.15	49.4	0.0494
3600ms	99.46	8314.472	347.15	49.4	0.0494
3827ms	99.19	8314.472	347.15	49.4	0.0492
3945ms	98.97	8314.472	347.15	49.4	0.0491
4052ms	98.89	8314.472	347.15	49.4	0.0491
4170ms	98.58	8314.472	347.15	49.4	0.0489
4276ms	98.41	8314.472	347.15	49.4	0.0488
4385ms	97.90	8314.472	347.15	49.4	0.0486
4611ms	97.39	8314.472	347.15	49.4	0.0483
4718ms	97.00	8314.472	347.15	49.4	0.0481
4837ms	96.95	8314.472	347.15	49.4	0.0481
4945ms	96.76	8314.472	347.15	49.4	0.0480
5052ms	96.73	8314.472	347.15	49.4	0.0480
5170ms	96.73	8314.472	347.15	49.4	0.0480
5288ms	96.63	8314.472	347.15	49.4	0.0480
5407ms	91.60	8314.472	347.15	49.4	0.0455
5514ms	96.88	8314.472	347.15	49.4	0.0481
5622ms	96.42	8314.472	347.15	49.4	0.0479
5729ms	95.18	8314.472	347.15	49.4	0.0472
6051ms	98.19	8314.472	347.15	49.4	0.0487

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 2.

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa aire
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	°C	mL	g aire
29	100.45	8314.472	356.15	49.4	0.0486
137	99.77	8314.472	356.15	49.4	0.0483
352	98.85	8314.472	356.15	49.4	0.0478
470	98.39	8314.472	356.15	49.4	0.0476
587	98.29	8314.472	356.15	49.4	0.0476
706	98.48	8314.472	356.15	49.4	0.0476
825	98.78	8314.472	356.15	49.4	0.0478
932	99.14	8314.472	356.15	49.4	0.0480
1049	99.34	8314.472	356.15	49.4	0.0481
1157	99.41	8314.472	356.15	49.4	0.0481
1372	100.09	8314.472	356.15	49.4	0.0484
1479	100.06	8314.472	356.15	49.4	0.0484
1694	100.63	8314.472	356.15	49.4	0.0487
1802	100.82	8314.472	356.15	49.4	0.0488
1910	100.55	8314.472	356.15	49.4	0.0486
2026	100.89	8314.472	356.15	49.4	0.0488
2135	100.55	8314.472	356.15	49.4	0.0486
2242	100.60	8314.472	356.15	49.4	0.0487
2359	100.70	8314.472	356.15	49.4	0.0487
2468	101.09	8314.472	356.15	49.4	0.0489
2596	100.84	8314.472	356.15	49.4	0.0488
2705	100.24	8314.472	356.15	49.4	0.0485
2812	99.87	8314.472	356.15	49.4	0.0483
3026	99.36	8314.472	356.15	49.4	0.0481
3134	98.73	8314.472	356.15	49.4	0.0478
3253	98.17	8314.472	356.15	49.4	0.0475

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 2. (Continuación)

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa aire
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	°C	mL	g aire
3371	97.54	8314.472	356.15	49.4	0.0472
3477	97.22	8314.472	356.15	49.4	0.0470
3596	97.07	8314.472	356.15	49.4	0.0470
3713	97.02	8314.472	356.15	49.4	0.0469
3821	97.15	8314.472	356.15	49.4	0.0470
3929	97.56	8314.472	356.15	49.4	0.0472
4036	97.32	8314.472	356.15	49.4	0.0471
4145	97.85	8314.472	356.15	49.4	0.0473
4263	99.29	8314.472	356.15	49.4	0.0480
4371	92.86	8314.472	356.15	49.4	0.0449
4478	100.65	8314.472	356.15	49.4	0.0487
4596	97.15	8314.472	356.15	49.4	0.0470
4703	102.67	8314.472	356.15	49.4	0.0497
4811	98.61	8314.472	356.15	49.4	0.0477
4918	104.64	8314.472	356.15	49.4	0.0506
5025	105.78	8314.472	356.15	49.4	0.0512
5133	104.20	8314.472	356.15	49.4	0.0504

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascuales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 3.

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	K	mL	g aire
0ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
106ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
215ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
333ms	102.28	8314.472	339.15	49.4	0.0520
473ms	99.43	8314.472	339.15	49.4	0.0505
580ms	98.32	8314.472	339.15	49.4	0.0499
699ms	97.83	8314.472	339.15	49.4	0.0497
817ms	97.44	8314.472	339.15	49.4	0.0495
924ms	97.54	8314.472	339.15	49.4	0.0496
1032ms	97.90	8314.472	339.15	49.4	0.0497
1138ms	98.51	8314.472	339.15	49.4	0.0500
1245ms	99.38	8314.472	339.15	49.4	0.0505
1354ms	99.70	8314.472	339.15	49.4	0.0507
1460ms	96.37	8314.472	339.15	49.4	0.0490
1569ms	102.60	8314.472	339.15	49.4	0.0521
1677ms	103.76	8314.472	339.15	49.4	0.0527
1784ms	103.35	8314.472	339.15	49.4	0.0525
1892ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
1999ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2107ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2214ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2322ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2429ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2536ms	100.70	8314.472	339.15	49.4	0.0512
2644ms	106.76	8314.472	339.15	49.4	0.0542
2751ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kpa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 3. (Continuación)

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	K	mL	g aire
2965ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3074ms	106.68	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3181ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3287ms	106.76	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3395ms	106.68	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3502ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3611ms	106.85	8314.472	339.15	49.4	0.0543
3719ms	106.80	8314.472	339.15	49.4	0.0543
3826ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
3934ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
4041ms	106.68	8314.472	339.15	49.4	0.0542
4149ms	103.86	8314.472	339.15	49.4	0.0528
4256ms	102.96	8314.472	339.15	49.4	0.0523
4364ms	100.24	8314.472	339.15	49.4	0.0509
4483ms	99.51	8314.472	339.15	49.4	0.0506
4588ms	99.21	8314.472	339.15	49.4	0.0504
4697ms	99.75	8314.472	339.15	49.4	0.0507
4804ms	100.41	8314.472	339.15	49.4	0.0510
4910ms	100.89	8314.472	339.15	49.4	0.0513
5018ms	103.50	8314.472	339.15	49.4	0.0526
5127ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5234ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5340ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5448ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5555ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5664ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kpa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 3. (Continuación)

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	K	mL	g aire
5877ms	98.19	8314.472	339.15	49.4	0.0499
5985ms	106.68	8314.472	339.15	49.4	0.0542
6092ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
6200ms	106.76	8314.472	339.15	49.4	0.0542
6309ms	107.27	8314.472	339.15	49.4	0.0545
6416ms	103.39	8314.472	339.15	49.4	0.0525
6522ms	102.96	8314.472	339.15	49.4	0.0523
6632ms	99.65	8314.472	339.15	49.4	0.0506
6750ms	98.51	8314.472	339.15	49.4	0.0500
6877ms	98.55	8314.472	339.15	49.4	0.0501
6997ms	99.43	8314.472	339.15	49.4	0.0505
7104ms	99.51	8314.472	339.15	49.4	0.0506
7222ms	100.26	8314.472	339.15	49.4	0.0509
7330ms	100.53	8314.472	339.15	49.4	0.0511
7437ms	103.35	8314.472	339.15	49.4	0.0525
7545ms	101.09	8314.472	339.15	49.4	0.0514
7652ms	106.83	8314.472	339.15	49.4	0.0543
7758ms	101.45	8314.472	339.15	49.4	0.0515
7866ms	102.01	8314.472	339.15	49.4	0.0518
7975ms	106.63	8314.472	339.15	49.4	0.0542
8082ms	106.63	8314.472	339.15	49.4	0.0542
8190ms	105.68	8314.472	339.15	49.4	0.0537
8297ms	101.78	8314.472	339.15	49.4	0.0517
8403ms	101.78	8314.472	339.15	49.4	0.0517
8512ms	101.78	8314.472	339.15	49.4	0.0517
8619ms	101.78	8314.472	339.15	49.4	0.0517

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Resultado del cálculo de la temperatura, MAP y masa para la corrida 3. (Continuación)

Tiempo	MAP	R	Temperatura	Volumen	Masa
ms	kPa	kPa*mL/(mol*K)	K	mL	g aire
8835ms	101.78	8314.472	339.15	49.4	0.0517
8942ms	106.63	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9049ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9157ms	106.68	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9264ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9372ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9479ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9587ms	106.63	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9694ms	106.66	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9802ms	106.71	8314.472	339.15	49.4	0.0542
9909ms	106.78	8314.472	339.15	49.4	0.0542
10016ms	106.76	8314.472	339.15	49.4	0.0542
10124ms	103.59	8314.472	339.15	49.4	0.0526
10232ms	102.28	8314.472	339.15	49.4	0.0520
10340ms	101.43	8314.472	339.15	49.4	0.0515
10458ms	99.00	8314.472	339.15	49.4	0.0503
10565ms	97.88	8314.472	339.15	49.4	0.0497
10683ms	97.51	8314.472	339.15	49.4	0.0495
10791ms	97.12	8314.472	339.15	49.4	0.0493
10918ms	96.83	8314.472	339.15	49.4	0.0492
11060ms	96.32	8314.472	339.15	49.4	0.0489
11167ms	93.28	8314.472	339.15	49.4	0.0474
11274ms	102.40	8314.472	339.15	49.4	0.0520
11382ms	101.07	8314.472	339.15	49.4	0.0513
11489ms	99.87	8314.472	339.15	49.4	0.0507
11596ms	104.52	8314.472	339.15	49.4	0.0531

Nota. De izquierda a derecha: tiempo (milisegundos), presión del “Manifold” – MAP (kiloPascales), constante de los gases – R (kPa·mL/mol·K), temperatura del motor (°C), volumen (mililitros), masa de aire (gramos)

Datos de las velocidades del motor para validar el modelo, utilizados para calcular la prueba T.

Tiempo (ms)	Velocidad del motor experimental (RPM)	Velocidad del motor teórica (RPM)
29	3717	0.00
137	4156.75	22.26
352	4750.5	77.89
470	4878.75	100.14
587	4818.75	122.38
706	4468.5	155.74
825	4402	177.97
932	4207.5	139.13
1049	3963.75	100.29
1372	3606.5	126.36
1479	3368	129.01
1694	3296	128.85
1910	3148.5	113.54
2026	3114	115.96
2242	3067.25	118.77
2359	2988.75	116.35
2468	3153.75	114.74
2596	3269.75	115.48
2705	3535.5	116.58
2812	3717.75	117.76
3026	4455	120.98
3134	4846.75	122.12
3253	5391	123.10
3371	5927.5	125.05
3477	6006.25	128.29
3596	5944.5	131.54
3713	5813.5	128.65
3821	5383.75	126.72
3929	4983	128.08
4036	4566.5	129.44
4145	4008.75	131.15
4263	3456.75	134.26

Nota. De izquierda a derecha: Tiempo (milisegundos), velocidad del motor experimental (RPM) y velocidad del motor teórica (RPM).

Resultado del cálculo de la velocidad del motor, masa y torque, luego de la selección de datos para realizar la regresión. (Continuación)

Vel. Motor (Rad/s)	Masa (g)	Torque (N*m)
100.191	0.050	0.230
100.191	0.054	0.230
100.191	0.054	0.230
100.191	0.054	0.230
100.191	0.054	0.230
100.191	0.054	0.230
105.688	0.051	0.311
109.537	0.053	0.366
120.297	0.052	0.518
120.297	0.052	0.518
121.135	0.051	0.529
128.177	0.053	0.625
136.633	0.053	0.736
136.659	0.048	0.737
139.382	0.053	0.772
142.812	0.053	0.815
157.577	0.050	0.996
166.661	0.052	1.103
170.641	0.052	1.148
174.856	0.050	1.195
175.406	0.051	1.201
178.652	0.051	1.236
214.309	0.049	1.594
214.911	0.047	1.600
220.906	0.051	1.654
223.629	0.051	1.679
231.169	0.052	1.744

250.228	0.052	1.898
259.810	0.052	1.969
262.140	0.049	1.986
267.795	0.051	2.026
270.701	0.051	2.046
275.858	0.051	2.080
297.483	0.052	2.214
304.342	0.045	2.253
312.484	0.050	2.296
312.981	0.049	2.299
316.934	0.049	2.319
321.202	0.049	2.340
322.668	0.051	2.347
326.097	0.049	2.364
326.254	0.049	2.365
329.710	0.049	2.381
330.260	0.049	2.383
342.407	0.049	2.436
345.156	0.049	2.447
642.037	0.048	2.465
352.696	0.048	2.476
635.885	0.048	2.482
635.623	0.048	2.483
634.706	0.048	2.485
631.539	0.048	2.494
628.973	0.047	2.500
361.990	0.048	2.510
361.990	0.050	2.510

Resultado del cálculo de la velocidad del motor, masa y torque, luego de la selección de datos para realizar la regresión. (Continuación)

Vel. Motor (Rad/s)	Masa (g)	Torque (N*m)
362.461	0.050	2.512
363.037	0.050	2.514
622.507	0.047	2.517
622.271	0.048	2.517
620.726	0.047	2.521
366.074	0.050	2.524
616.721	0.045	2.531
369.582	0.050	2.535
370.237	0.048	2.537
372.436	0.050	2.544
608.788	0.047	2.550
377.672	0.048	2.560
378.143	0.049	2.562
602.400	0.048	2.565
379.819	0.050	2.566
597.374	0.048	2.576
386.128	0.049	2.584
387.934	0.050	2.589
388.536	0.049	2.590
388.903	0.048	2.591
389.243	0.049	2.592
389.270	0.050	2.592
389.322	0.048	2.592
390.579	0.049	2.596
392.621	0.050	2.601
582.582	0.048	2.606

395.657	0.049	2.608
404.428	0.049	2.628
407.674	0.049	2.635
408.041	0.048	2.635
409.219	0.050	2.638
409.297	0.048	2.638
564.544	0.047	2.639
409.899	0.049	2.639
563.785	0.047	2.640
413.669	0.050	2.646
559.256	0.047	2.647
414.219	0.049	2.647
415.083	0.048	2.649
418.303	0.049	2.654
418.382	0.049	2.655
419.481	0.048	2.656
419.795	0.047	2.657
431.445	0.049	2.674
435.294	0.048	2.679
531.427	0.049	2.683
439.378	0.049	2.684
440.608	0.048	2.686
521.819	0.047	2.692
453.803	0.049	2.698
510.902	0.048	2.700
507.550	0.048	2.702
460.976	0.048	2.702
504.618	0.048	2.704

Anexo No.64: Contenido de presentación “Power Point” adjuntada con encuesta realizada a empresas

Contenido informático de Presentación
<p>La siguiente información le será útil como base teórica para responder las preguntas de la encuesta adjunta.</p> <p>Aporte a la sociedad: Conjunto de acciones y recursos provenientes por parte de una empresa o individuo, destinados al mejoramiento social, ambiental y económico de su entorno. Esta acción es completamente voluntaria y busca otorgar ayuda en distintos temas sociales a comunidades.</p> <p>Conciencia ambiental: Filosofía de preocupación y acción por el medio ambiente, la cual vela por la conservación de la naturaleza y la vida silvestre. Actividades de conciencia ambiental buscan a través de la educación y el activismo social, proteger los recursos naturales del planeta.</p> <p>Reciclaje: Es un proceso en el cual se clasifica y manipula materia desechada de manera que esta se pueda transformar en nuevos productos o en materia para su posterior reutilización. Dentro de los productos más comunes de reciclaje se encuentra el papel, latas de alimentos, botellas, etc.</p> <p>Emprendimiento: Conducta por parte de un individuo, dentro de la cual se contempla que el mismo esté dispuesto a tomar riesgos relacionados con el tiempo y dinero, para alcanzar un objetivo específico y poco conocido dentro del medio.</p> <p>Combustibles alternativos: Los combustibles alternativos son combustibles derivados de otras fuentes además del petróleo. La manera de obtención de estos combustibles es más amigable con el medio ambiente y su utilización tiene una menor repercusión en el medio ambiente que los combustibles fósiles.</p>

Anexo No.65: Formulario de aplicación llenado para solicitar participación en el programa pasos y pedales.

**FORMULARIO DE APLICACIÓN PARA SOLICITAR PARTICIPACIÓN
EN EL PROGRAMA PASOS Y PEDALES**

Pasos y pedales funciona **de 10 a 14 horas los días domingo**. Este formulario únicamente le permite realizar solicitudes para actividades dentro de este horario en particular.

Sírvase llenar cada uno de los siguientes campos.

Nombre del solicitante: José Andrés Hernández	
Nombre del responsable/supervisor de la actividad: Ing. En Ciencia de la Administración	
Empresa/institución/organización: Universidad del Valle de Guatemala	
Teléfono 1: Celular responsable	Teléfono 2: Celular solicitante
Correo electrónico: correo del responsable	
Describa brevemente el tipo de actividad y el objetivo de la misma: Se pretende realizar un evento de promoción de un proyecto realizado por parte del equipo Taq Balam de la Universidad del Valle de Guatemala. El fin es enseñar el funcionamiento del vehículo ultra eficiente que han desarrollado estudiantes de ingeniería. Si le es posible, debe incluir en el correo fotografías que ilustren el tipo de actividad a realizar.	
Indique el tamaño en metros cuadrados (mts²) que piensa utilizar: 7 metros cuadrados	
Indique el tipo de mobiliario o equipo que utilizará: Mesas, sillas, toldo, mantas vinílicas	
Indique en cuál o cuáles de las 5 fases de Pasos y Pedales desea realizarla (Américas-Reforma, Kaminal Juyú, Mariscal, Simeón Cañas o Colonia Roosevelt). Américas-Reforma	
Fechas exactas en las que desea realizarla. Domingo 13 de marzo	

NOTAS:

Si usted en una empresa BTL deberá adjuntar un oficio con la autorización de la marca para realizar la actividad en la fecha que solicitan.

Envíe ésta información con **2 semanas de anticipación** al correo: pasosypedales@munigate.com la última fecha para enviar su información es cada lunes, al medio día (12:00:00 horas).

La persona y la empresa solicitante es responsable de la actividad que desea realizar y en consecuencia es responsable de los daños a terceros, propiedad privada y propiedad pública que su actividad pudiera generar. Así mismo es responsable de la limpieza del lugar que le fue asignado.

Anexo No. 66: Informe a patrocinadores post competencia 2016

Informe Shell Eco-marathon 2016

El siguiente informe es un resumen del proyecto Shell Eco-marathon 2016, la cual se llevó a cabo del 19 al 24 de abril, desarrollado por el equipo Taq Balam de la Universidad del Valle de Guatemala.

Este año, participaron 124 vehículos; de Canadá, Estados Unidos, México, Guatemala, Ecuador, Puerto Rico y Brasil en la Shell Eco-marathon Americas, con aproximadamente 1200 participantes. Por segunda vez consecutiva, la competencia se llevó a cabo en las calles de Detroit Michigan teniendo como base de operaciones el Cobo Center.

Como en años anteriores, uno de los principales retos de la competencia Shell Eco-marathon es superar las pruebas técnicas. Estas son ineludibles para conseguir el consentimiento de salir pista. Debido a los altos estándares establecidos por la Shell, una notable cantidad de equipos no consiguieron aprobar la inspección técnica, por lo que no lograron correr en el circuito. El equipo Taq Balam, logró sobrepasar el reconocimiento técnico el día sábado 23 de abril, logrando proyectar el día domingo únicamente para correr. Esto último se efectuó de manera notable en ciertos temas de seguridad, consiguiendo reconocimientos por parte de los inspectores y logrando un tiempo récord de toda la competencia en lo que se refiere a evacuar el vehículo por parte de la piloto. El domingo, 24 de abril, el vehículo Taq Balam, salió a la pista. No obstante, de manera lamentable y causa de una errada configuración en el clutch, la cadena del motor de nuestro vehículo no fue capaz de superar la férrea pendiente de la recta final del circuito de Detroit, por lo que a pesar de haber conseguido salir a pista no se pudo registrar un resultado de la eficiencia del consumo de combustible.

Ahora bien, el remarcable esfuerzo y dedicación del Equito Taq Balam 2016, conllevó a conseguir numerosas y destacables mejoras en el vehículo adoptado por el equipo del año anterior, dando como resultado un vehículo mucho más confiable y competitivo. A pesar que se utilizó como cimiento tanto la carrocería como el chasis anterior, las mejoras efectuadas en estos últimos fueron significativas. Como primer punto, se realizó un completo refuerzo en el chasis, añadiendo barras de soporte y modificando completamente el piso del vehículo. Esto último de igual forma permitió instalar un nuevo arnés de seguridad de 5 puntos.

De igual forma, exponiendo ahora los avances realizados en la carrocería del vehículo, destacan la completa modificación del visor; diseñando, fabricando e instalando una pieza totalmente nueva. Esto último beneficioso de manera notable la visibilidad del piloto. Sumando a lo anteriormente referido, se realizaron cortes en las loderas frontales del vehículo, lo cual significó un aumento importante en el radio de giro y disminución de peso.

En efecto, las mejoras conseguidas más destacadas, fueron en el área técnica del vehículo. Una de ellas se refiere al sistema de Frenos del vehículo. En comparación al año pasado, se instaló en el vehículo un sistema de frenos delanteros, los cuales fueron adaptados dos mordazas mono embolicas con discos ventilados. Paralelamente, para lograr un frenado parejo, se hizo un pedal que presionara las dos manecillas al mismo tiempo. Ahora bien, en el caso del freno trasero, se extendió el sistema hidráulico de un freno mono embolico para que llegara a la rueda trasera donde de igual forma se instaló un disco ventilado. Así mismo, las mejoras efectuadas puramente en el motor del vehículo lograron alcanzar un rendimiento de combustible mucho mayor al alcanzado en años pasados. Como una siguiente mejora, hay que destacar la implementación de un sistema de encendido por botón en el timón, mediante la incorporación de un starter eléctrico.

Es destacable de hacer mención, los progresos vividos con el presente equipo Taq Balam en lo que se refiere a todos los procesos administrativos y logísticos antes y durante de la competencia. Se logró alcanzar un orden administrativo que permitió que el desarrollo de las actividades del equipo se efectuara sin ningún tipo de contratiempo significativo, a diferencia de otros años. Esto se vio sobretodo reflejado en la competencia, en la cual se logró manejar de una buena manera el cronograma logrando así conseguir pasar las inspecciones técnicas en un tiempo favorable y lograr planear un día completo para correr en la pista.

Habiendo expuesto todo lo anterior, en efecto, una de las facetas que vale más la pena rescatar del equipo Taq Balam 2016 es la unidad de equipo, el compañerismo y la profesionalidad de todos los integrantes del mismo. Realmente el espíritu de equipo vivido durante la Shell Eco.marathon 2016, fue algo desconocido en años anteriores. Esto fue un factor determinante para poder conseguir lo logros adquiridos.

De igual forma, se planea continuar exponiendo el vehículo en lo que respecta del año en colegios, medios de comunicación, universidades e internet hasta la próxima competencia. Esto para poder hacer crecer la amplitud del proyecto en sí y sobre todo despertar el interés de innovar en nuevas tecnologías por parte de la sociedad guatemalteca y los futuros profesionales de nuestro país.

Ahora bien, utilizando como cimiento el gratificante desenvolvimiento del Equipo Taq Balam 2016 y continuando con la misma tónica de empeño, se pretende realizar un plan de preparación para el siguiente año más riguroso. Como principal elemento, ya se cuenta con más de la mitad de los integrantes del nuevo equipo y se iniciará con la captación del mismo en el mes de junio 2016, cosa que normalmente se realizaba en septiembre. Esto último permitirá tener una mayor amplitud en el cronograma y poder prepararse en todas las disciplinas del proyecto de una mejor manera.

Fotografía No.1

Equipo Taq Balam y vehículo Huracán



Resultados:

	APROBADA
Inspección Técnica	
No. De Intentos	1
No. De Corridas Completadas	0

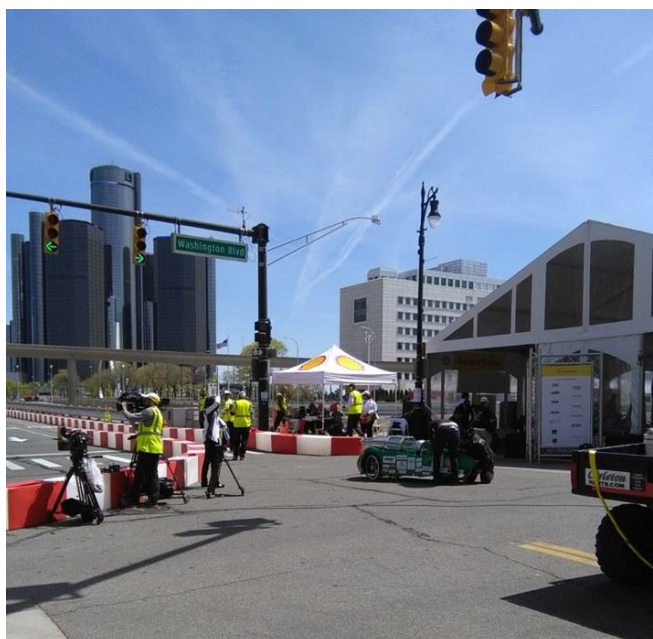
Fotografía No.2

Shell Eco-marathon 2016 Detroit, MI.



Fotografía No.3

Vehículo Huracán antes de salir a pista



Fotografía No.4

Vehículo Huracán en inspecciones técnicas



➤ Integrantes de la competencia:

Catedrático:

- Ing. José Andrés Hernández Gaitán

Estudiantes Ing. Mecánica:

- Rene Araujo Gallardo
- José Alejandro Valdez Morales

Estudiantes Ing. Química:

- Carlos Alberto Contreras Reyes
- Mynor Estruado Salguero Salguero

Estudiantes Ing. en Ciencia de la Administración:

- Jaime Marco Casals Thiele
- Hans Martin Cruz Rhüle

Diseño y construcción

MEJORAS REALIZADAS AL VEHÍCULO HURACÁN (2016)

ASPECTO	HURACÁN (2016)
Carrocería	Se cortaron los agujeros para las llantas en la carrocería, lo cual aumento el radio de giro del vehículo y disminuyo peso en el mismo.
Timón	Se instaló un kill switch (nuevo requerimiento de la competencia)
Inyector	Se ajustó la relación aire-combustible, se modificaron los parámetros de arranque en frío y se instaló el sensor de oxígeno el cual ofrece un mejor rendimiento del motor.
Clutch	Se instaló un clutch centrífugo, lo cual es una gran mejora ya que embraga automáticamente a ciertas rpm, eliminando una distracción más al piloto.
Sistema de Dirección	Se modificaron las piezas que sostienen las llantas, alargándolas para aumentar el radio de giro. A la vez se alinearon todas las piezas.
Guardas	Se modificaron las guardas para que fueran más rígidas y no ocuparan tanto espacio.
Piso	Se colocó un nuevo piso a la medida con agujeros realizados específicamente para cada una de los requerimientos del vehículo. Cables y starter.
Starter	Se instaló un sistema de estárter eléctrico, el cual eliminó por completo el problema que tenían las pilotos para arrancar el vehículo.
Chasis	Se agregaron barras de refuerzo y se corrigió la desalineación sufrida durante unas pruebas en el 2014.

➤ Vehículos 2013-2014-2015-2016

Fotografía No. 5

Vehículo Survivor 13 Baktun (2013)



Fotografía No. 6

Vehículo Bate Balam (2014)



Fotografía No. 7

Vehículo Huracán (2015)



Fotografía No. 8

Vehículo Huracán (2016)



Fotografía No. 9

Fotografías comparativas vehículo 2013, vehículo 2014, vehículo 2015 y vehículo 2016

2013



2014



2015



2016





Patrocinadores

Este año se contó con once patrocinadores:

1. Unopetrol
2. Cementos Progreso
3. Crowley Logistics
4. Honda
5. Industrias Mycenter
6. Componentes Industriales
7. Banco G&T Continental
8. Edisa
9. Grupo Cova
10. Digital Print
11. Antigua Sports / Nestor Larrazabal

Gracias a los patrocinadores se lograron hacer las mejoras requeridas al vehículo 2016. Sin los aportes de nuestros patrocinadores no habríamos contado con los recursos suficientes para cubrir los gastos de mejora del vehículo, transporte del vehículo y viáticos de los estudiantes durante la competencia.

Links y fotos

Todas las fotos y videos del evento se encuentran en nuestra página de Facebook:

“Taq Balam”

En nuestra página de Facebook también podrán encontrar un link a livestream para ver más videos de la competencia.

Costos

El costo total del proyecto fue de Q. 57,385.32

- El costo estimado del transporte del vehículo fue de:	Q. 23,289.00
- El costo estimado de las mejoras del vehículo fue de:	Q. 17,526.89
- El costo estimado de repuestos y comunicación durante el viaje fue de:	Q. 3,826.85
- El costo estimado de los viáticos para 11 personas fue de:	Q. 5,365.45
- El costo estimado del boleto del catedrático fue de:	Q. 7,377.13

Nuevos proyectos

- La nueva meta del equipo es obtener un vehículo confiable que pueda realizar varios circuitos completos en la competencia, teniendo en cuenta la complejidad de la nueva pista en Detroit.
- Para la siguiente competencia, se acomete direccionar especial énfasis en ganar premios fuera de pista otorgados a la Shell en lo que se refiere a la comunicación y mercadeo, promocionando de una destacable manera el vehículo 2017.
- Actualmente ya se cuenta con suficiente experiencia en combustión con etanol y una de las metas del equipo es fomentar el uso del etanol en Guatemala. A partir de esto, se pueden desarrollar patentes en la tecnología requerida para que el parque de motos del país pueda utilizar etanol y a la vez generar nuevos mercados en Guatemala.
- Se pretende llevar la trascendencia del proyecto Taq Balam, más allá de un trabajo de graduación, utilizando este último como materia de motivación para los futuros profesionales del país de crear nuevas tecnologías.

Oportunidades

- Poner el nombre de Guatemala, de sus patrocinadores y de la Universidad del Valle de Guatemala en alto.
- Desarrollar futuros profesionales con experiencia y exposición mundial

- Demostrar que los profesionales de la Universidad del Valle de Guatemala tienen la capacidad de realizar un trabajo de ingeniería de nivel mundial
- Manifiestar que en Guatemala existe el suficiente intelecto y capacidad para crear tecnologías capaces de tener un impacto a nivel mundial.
- Motivar a futuros agentes de cambio en nuestro país, que con sus competencias logren crear progreso y desarrollo en cualquier área social, política, empresarial, ambiental, etc.
- Aportar con herramientas y tecnología completamente aplicables en la vida cotidiana para tener un impacto significativo en el medio ambiente.
- Extender la diversidad en empleo de combustibles alternativos, para mitigar la degradación de nuestro planeta.
- Crear una conciencia ambiental en la sociedad guatemalteca y fomentar una cultura de preservación ambiental.
- Demostrarle al guatemalteco que si se lo propone es capaz de competir y destacar en cualquier disciplina a nivel mundial.

Anexo No. 67: Fotografía de exposición de proyecto Taq Balam en Universidad del Valle de Guatemala



Anexo No. 68: Fotografía de visita de equipo Taq Balam a “Pasos y Pedales”



Anexo No. 69: Fotografía 1 de visita de equipo Taq Balam a medio de comunicación



Anexo No. 70: Fotografía 2 de visita de equipo Taq Balam a medio de comunicación



XIII. GLOSARIO

Combustión	Reacción química donde reacciona un combustible con el oxígeno proveniente del aire para formar, vapor de agua y dióxido de carbono (teóricamente).
Pistón	Referente al movimiento lineal del pistón hacia arriba y abajo en el cilindro de la cámara de combustión.
Relación aire/combustible	Cantidad estequiométrica de aire con la cual se tendrá una combustión completa para una unidad de combustible.
Residuos Estadísticos	Diferencias entre los valores de la variable dependiente observados y los valores que se predicen a partir de la regresión.
Prueba de Significancia F	El análisis de Varianza contrasta la hipótesis de igualdad de las Medias de más de dos grupos, y tiene su fundamento en la relación entre la variación explicada por las diferencias entre grupos y la variación individual.
Torque	Torsión mecánica.
Avance de Chispa	Grados con los que se anticipa el movimiento del pistón para poder generar la chispa en el momento captado por el sensor de movimiento y liberar la descarga eléctrica que provoca la combustión.

Anexo No. 49: Glosario módulo arranque en frío.

- **Análisis ORSAT:** Cuantificación de todos los gases generados en un proceso de combustión sin tomar en cuenta el vapor de agua.
- **Cámara de combustión:** Es el lugar donde se realiza la combustión del combustible con el comburente, generalmente aire, en el motor de combustión interna.
- **ECU:** Unidad controladora del motor, por sus siglas en inglés, es una unidad de control electrónico que gobierna el funcionamiento del motor, específicamente de la combustión.
- **Estado ralenti:** Es cuando se da el mínimo de RPM a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable sin necesidad de accionar un mecanismo de aceleración o entrada de carburante.
- **Grado de avance de reacción:** Número adimensional que controla simultáneamente el consumo y generación de reactivos y productos en una reacción química.
- **Punto muerto superior:** Posición que alcanza el pistón al final de una carrera ascendente, escape o compresión, en el cual no existe fuerza que actúe sobre él y sólo se encuentra moviéndose gracias a su inercia o fuerza potencial, en este instante ha finalizado su carrera ascendente y comienza su carrera descendente admisión o combustión.
- **Relación estequiométrica aire/combustible o factor lambda:** Designa la proporción aire/combustible en peso que está ingresando a un motor y que genera una combustión completa.
- **Volatilidad:** Es una medida de la tendencia de una sustancia a pasar a la fase de vapor. O bien, la medida de la facilidad con que una sustancia se evapora.

XIV. ABREVIATURAS

MAP Manifold Absolute Pressure – Presión Absoluta del Manifold

°C Grados Celsius

K Kelvin

cm Centímetros

in Pulgada

ms Milisegundos

min Minuto

mL Mililitros

psi Libra fuerza por pulgada cuadrada

hPa HectoPascales

kPa KiloPascales

CrA Crank Angle – Ángulo del Cigüeñal

degC Grados Celcius