



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

“Formulación de un Proyecto para la Implementación de un Banco
de Pruebas de Motores de Combustión Interna en la FIMCP-
ESPOL”

EXAMEN COMPLEXIVO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

Presentado por:

Juan Francisco Espinoza Zambrano

Mario Javier Torres Maldonado

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Madre Dolorosa,
a mi esposa y a mis hijos que
son el motivo de mi diario
vivir y mi inspiración más
grande.

A los Srs: MSc. Jorge Duque
y MSc Gonzalo Zabala, por
su apoyo y valiosa guía.

Mario J. Torres M.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres, a mi esposa, a mis hijos y a todos aquellos maestros que se han constituido en un apoyo fundamental, inspiración y ejemplos a seguir en el desarrollo del presente proyecto.

Al Ing. Jorge Duque Rivera, por su apoyo incondicional.

Juan Francisco Espinoza.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MIS PADRES Y

HERMANOS

Mario J. Torres M.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA E HIJOS

A MIS PADRES

A MIS PROFESORES

Juan Francisco Espinoza.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Juan Peralta J. PhD
PROFESOR DE FIMCP
PRESIDENTE

MSc. Jorge Duque R.
DIRECTOR DEL
EXAMEN COMPLEXIVO

MSc. Gonzalo Zabala O.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Examen Complexivo nos corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)

Mario Javier Torres Maldonado.

Juan Francisco Espinoza Zambrano.

RESUMEN

Desde su aparición a finales del siglo XIX, los motores de combustión interna (MCI) han experimentado una significativa evolución y un acelerado crecimiento en su uso, siendo actualmente la fuente de trabajo mecánico con mayor presencia en el mundo, aportando con aproximadamente el 85% de la energía mecánica generada en el planeta.

Como en todo sistema mecánico, su funcionamiento, fiabilidad y mejor desempeño obedecen a un adecuado y validado diseño constructivo pero también al mantenimiento predictivo, preventivo o correctivo al que sean sometidos, lo que asegurará un tiempo de vida útil prolongado y la conservación de las características originales de diseño en cuanto a su potencia, torque, emisiones y consumo de combustible.

En otro orden, los MCI al utilizar combustibles fósiles, derivados del petróleo, generan emisiones contaminantes producto de la combustión que ocurre en su interior. Por normativa y convenios internacionales de los que forman parte un considerable número de países del mundo, las emisiones tienen que ser controladas y reducidas debido a su grave impacto ambiental, ya que son las responsables de incrementar la presencia de gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

Ecuador es un país que se encuentra en búsqueda de la excelencia educativa y de un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado; si se considera lo importante que es poseer estas dos herramientas para promover la investigación científica e innovación tecnológica, se podrá visualizar que es necesario que se mejoren las capacidades y potencialidades de la población estudiantil y se incremente la conciencia medioambiental, necesarias para contribuir con el desarrollo económico y social del Estado.

Por lo expuesto, siendo los MCI una importante fuente de generación de energía mecánica y debido al impacto ambiental de su utilización, se considera que el país no puede estar alejado de la investigación, desarrollo e innovación tecnológica en el campo de los MCI; lo que conlleva a considerar de prioritaria importancia para la Escuela Superior Politécnica del Litoral, el contar con un banco de pruebas para MCI, que esté al servicio de los estudiantes de la FIMCP y que entre otros, permita realizar análisis, experimentación y pruebas de funcionamiento y desempeño de motores, pruebas de consumo de combustible y medición de emisiones producto de la combustión.

En el presente trabajo de graduación se desarrolló la formulación de un proyecto para la implementación de un banco de pruebas de MCI, utilizando la metodología del Marco Lógico, mediante la cual se determinaron la meta,

propósito, productos, tareas y actividades; se inició con la identificación del problema, el análisis de involucrados y beneficiarios, para posteriormente entregar una matriz de Marco Lógico, presupuesto y cronograma de tareas y actividades a desarrollar, elementos importantes que servirán de base y herramienta en el supuesto de que el proyecto sea evaluado, financiado y ejecutado en lo posterior.

Parte importante de este trabajo también fue el análisis técnico, basado en normas y estándares de aplicación internacional, así como también de criterios y experiencia personal de los autores, lo que permitió la selección de equipos, el dimensionamiento y diseño preliminar del espacio físico con todos los sistemas auxiliares para la implementación del Banco de Pruebas de Motores de Combustión Interna de la FIMCP-ESPOL.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ABREVIATURAS	viii
SIMBOLOGÍA	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	4
1.1 Definición de motor de combustión interna (MCI).	4
1.2 Tipos de MCI.....	5
1.3 Principios de funcionamiento de un MCI.....	6
1.4 Desempeño y consumo de combustible de los MCI.	17
1.5 Definición de banco de pruebas para MCI.	26
1.6 Descripción de los principales componentes de un banco de pruebas para MCI.	28
1.7 Información y pruebas que se pueden obtener.	42
1.8 Enfoque del “Marco Lógico” para formulación de proyectos.	44
CAPÍTULO 2	
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, ALCANCE DEL PROYECTO Y MATRIZ DE MARCO LÓGICO.....	48

2.1	Situación Problemática.	48
2.1.1	Aspecto Académico.	49
2.1.2	Aspecto Investigativo.	50
2.1.3	Aspecto medio ambiental.	52
2.2	Análisis del Problema.	54
2.2.1	Diagrama de problemas.	54
2.2.2	Diagrama de Objetivos.	56
2.3	Resultados del Análisis de Problemas.	57
2.3.1	Propósito del Proyecto.	57
2.3.2	Meta del Proyecto.	58
2.3.3	Productos Deseados.	59
2.4	Identificación de Principales Involucrados.	60
2.4.1	Clientes Internos.	61
2.4.2	Clientes Externos.	63
2.4.2.1	Otras Instituciones Educativas.	63
2.4.2.2	Empresas de la Industria Automotriz, Talleres de Reparación, Reconstrucción y Modificació de Motores de Combustión Interna.	64
2.4.2.3	Entidades Públicas y Privadas de Protección del Medio Ambiente.	66
2.5	Análisis de Involucrados.	67
2.5.1	Matriz de involucrados.	72

2.6	Resultados del Análisis de Involucrados.....	73
2.7	Alternativas de Solución Propuestas.....	74
2.8	Análisis de Alternativas y Mejor Solución Propuesta.	75
2.9	Definición del alcance del proyecto.....	78

CAPÍTULO 3

3.	SELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y SISTEMAS, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.	80
3.1	Selección de equipos y sistemas.	81
3.1.1	Cimentación.	81
3.2	Dimensionamiento del espacio físico.	177
3.3	Presupuesto Estimado para Ejecución del Proyecto.....	185
3.4	Cronograma de ejecución del proyecto.....	188

CAPÍTULO 4

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	199
4.1	Conclusiones.....	200
4.2	Recomendaciones.	2012

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
MCI	Motor de combustión Interna
ICQA	Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales
CEMA	Centro de Estudios del Medio Ambiente
G.L.P	Gas Licuado de Petróleo
IR	Infrarrojo
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
HC	Hidrocarburos no quemados
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
USAID	United States Agency for International Development Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
NFPA	National Fire Protection Association Asociación Nacional de Protección del Fuego
WBS	Work Breakdown Structure Estructura de desglose de Trabajo
PMI	Punto Muerto Inferior
PMS	Punto Muerto Superior

SIMBOLOGÍA

$C_8 H_{18}$	Gasolina
CO	Monóxido de carbono
NO _x	Óxidos de nitrógeno
HC	Hidrocarburos no quemados
CO ₂	Dióxido de carbono

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Vista lateral de un motor de combustión interna.....	5
Figura 1.2 Desplazamiento del pistón dentro del cilindro.....	10
Figura 1.3 Mecanismo biela manivela.....	11
Figura 1.4 Ciclo de funcionamiento de un motor de 4 tiempos.	12
Figura 1.5 Torque de un motor.	20
Figura 1.6 Curvas de potencia, torque y consumo.....	25
Figura 1.7 Versión antigua de freno “Prony”.....	31
Figura 1.8 Freno hidráulico.	32
Figura 1.9 Esquema de freno de corrientes parásitas.	33
Figura 1.10 Equipo Analizador de Gases.	37
Figura 1.11 Esquema sensores infrarrojos.	38
Figura 2.1 Árbol de problemas.....	56
Figura 2.2 Árbol de objetivos.	57
Figura 3.1 Sistema equivalente al anclaje del motor.....	89
Figura 3.2 Relación entre transmisibilidad y frecuencia.....	91
Figura 3.3 Plato base, rieles y soportes de la bancada.	93
Figura 3.4 Polipasto modelo Yale YJL2-10*8S2.	96
Figura 3.5 Conjunto viga-carro.....	97
Figura 3.6 Especificaciones del conjunto viga-carro HTG 2000.....	98
Figura 3.7 Dinamómetro TANDEM DYNAS3+DT 900-1.....	103
Figura 3.8 Módulo de refrigeración del motor WM 600.	104
Figura 3.9 Diagrama de refrigeración del motor.....	105
Figura 3.10 Analizador de emisiones MEXA ONE DI.	109
Figura 3.11 Sistema de ducto cerrado.	111
Figura 3.12 Sistema escape más ducto.	112
Figura 3.13 Diagrama esquemático del circuito de combustible.....	117
Figura 3.14 Medidor de consumo de combustible FQ2100 DP.....	119

Figura 3.15 Sistema STARS.....	122
Figura 3.16 Gabinete de control tipo T/D.	123
Figura 3.17 Módulo central de seguridad SZM.	124
Figura 3.18 Escritorio del operador.....	124
Figura 3.19 Diagrama de bloques del banco de pruebas.	127
Figura 3.20 Esquema del sistema de refrigeración del dinamómetro.	132
Figura 3.21 Diagrama esquemático para el enfriamiento del agua.....	146
Figura 3.22 Torre de enfriamiento modelo HD-1408.....	150
Figura 3.23 Diagrama esquemático del sistema INERGEN.....	164
Figura 3.24 Señales de seguridad y salud en el trabajo.	169
Figura 3.25 Implantación general del banco de pruebas..	186
Figura 3.26 Estructura de desglose de trabajos.....	193
Figura 3.27 Diagrama de Red.....	200

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz FODA.	72
Tabla 2. Especificaciones técnicas del plato base, rieles y soportes.	94
Tabla 3. Características de potencia y torque de MCI.	99
Tabla 4. Tipos de Dinamómetros para diferentes aplicaciones.....	100
Tabla 5. Especificaciones técnicas de equipo medidor de gases de escape....	107
Tabla 6. Especificaciones técnicas equipo HORIBA Mexa One.	108
Tabla 7. Especificaciones equipo FEV EmissionRate FEVER.....	108
Tabla 8. Factor de Rugosidad para Tuberías.	136
Tabla 9. Diagrama de Moody.....	137
Tabla 10. Longitudes equivalentes.	138
Tabla 11. Agentes extintores y tipos de fuego.	160
Tabla 12. Efectos que produce cada color sobre el individuo.	166
Tabla 13. Clasificación de las señales.	167
Tabla 14. Rangos de consumo específico de combustible en MCI.....	171
Tabla 15. Distribución de potencia.....	171
Tabla 16. Sistema de ventilación y extracción de aire.	175
Tabla 17. Superficie a acondicionar.....	177
Tabla 18. Requerimiento Carga Enfriamiento por Superficie.....	177
Tabla 19. Requerimiento Carga Enfriamiento por Personal	178
Tabla 20. Requerimiento Carga Enfriamiento por Superficie Ventanas.....	178
Tabla 21. Requerimiento Carga Enfriamiento Equipos	179
Tabla 22. Capacidad de enfriamiento de acondicionadores.	180
Tabla 23. Características de la obra civil para el banco de pruebas.....	187
Tabla 24. Estimación de costos.	191
Tabla 25. Paquetes de Trabajo, duración y tareas.	198

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de graduación se desarrolla metodológicamente la formulación de un proyecto para la implementación de un banco de pruebas de motores de combustión interna en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. La formulación incluye el dimensionamiento preliminar del espacio físico, los requerimientos de obras civiles; la selección en base a especificaciones técnicas del dinamómetro, accesorios y todos los sistemas auxiliares para el funcionamiento del banco de pruebas; se empleó en la formulación del proyecto la metodología del “Marco Lógico”, considerando metas, objetivos y productos esperados, así como también todos los involucrados en su desarrollo.

El objetivo central de este trabajo es entregar la información documentada que respalde la formulación realizada, tal como: marco lógico, diseño básico preliminar del espacio físico y selección de sistemas principales y auxiliares, listado de requerimientos técnicos de equipos y sistemas, cronograma de tareas y actividades a desarrollar, y el respectivo presupuesto referencial.

En el supuesto de que la información entregada sea evaluada y se considere que se puede dar paso al inicio y ejecución del proyecto, los productos que este generaría son: la construcción del espacio físico con todas las

especificaciones requeridas, adquisición de equipos e implementación del banco de pruebas; con la expectativa de que se convierta en un centro de estudio y práctica de diferentes verificaciones de funcionamiento, desempeño, consumo de combustibles tradicionales y alternativos y control de emisiones de la combustión, de motores de explosión alternativos, encendidos por chispa o por compresión, de uso vehicular o estacionario.

Se contribuirá con la creciente comunidad técnica y científica en el campo de la combustión interna, mecánica automotriz y control del medio ambiente, pues estaría al servicio de otras instituciones educativas, talleres de reparación, investigadores, concesionarios o constructores, que requieran realizar pruebas y caracterizaciones de prototipos, desarrollo de motores nuevos o verificaciones de desempeño de motores recién reparados o modificados para fines deportivos o de competencia y para pruebas de utilización de nuevas tecnologías o combustibles alternativos a los fósiles.

Para el desarrollo del trabajo propuesto, en su primer capítulo se presentan los conocimientos teóricos del funcionamiento, desempeño de motores de combustión interna, principios de trabajo de los frenos dinamométricos, equipos de medición de emisiones y de consumo de combustible; se finaliza el capítulo con una breve introducción a la metodología del Marco Lógico como herramienta de formulación de proyectos.

En el segundo capítulo se define la situación problemática a ser revertida con la ejecución del proyecto, se establece el propósito, meta y productos esperados, más adelante se realiza el análisis de involucrados, definiendo los beneficiarios directos y el ámbito de aplicación del proyecto, para luego de proponer las alternativas de solución, seleccionar la opción más adecuada, factible y aceptable, finalizando el capítulo con la definición del alcance del proyecto y la presentación de la síntesis de la formulación mediante del Marco Lógico.

En el tercer capítulo se seleccionan los componentes, sistemas y equipos del banco de pruebas; así mismo, basándose en la información del Marco Lógico y estudios de mercado realizados, se prepara el presupuesto referencial y el cronograma proyectado de tareas y actividades, complementándose esto con la entrega de los diseños preliminares básicos del espacio físico requerido.

En el capítulo final, se emiten las respectivas conclusiones y recomendaciones encontradas en la formulación del proyecto.

CAPÍTULO 1

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Definición de motor de combustión interna (MCI).

Se conoce como motor a un sistema mecánico cuyos componentes o mecanismos trabajan en conjunto para transformar determinada fuente de energía en energía mecánica.

En el caso de los MCI, esto se refiere a la transformación que ocurre de la energía química de un combustible a energía mecánica rotacional de su cigüeñal y se la obtiene a partir de la combustión al interior de una cámara, localizada dentro del propio motor.

Se puede indicar entonces que un MCI es un sistema mecánico, cuyos mecanismos y componentes trabajan perfectamente sincronizados, para que a partir de la combustión de un combustible,

al interior del propio motor, se transforme la energía química en mecánica (21).

En la figura 1.1 se muestra un motor de combustión interna a diésel de un vehículo.

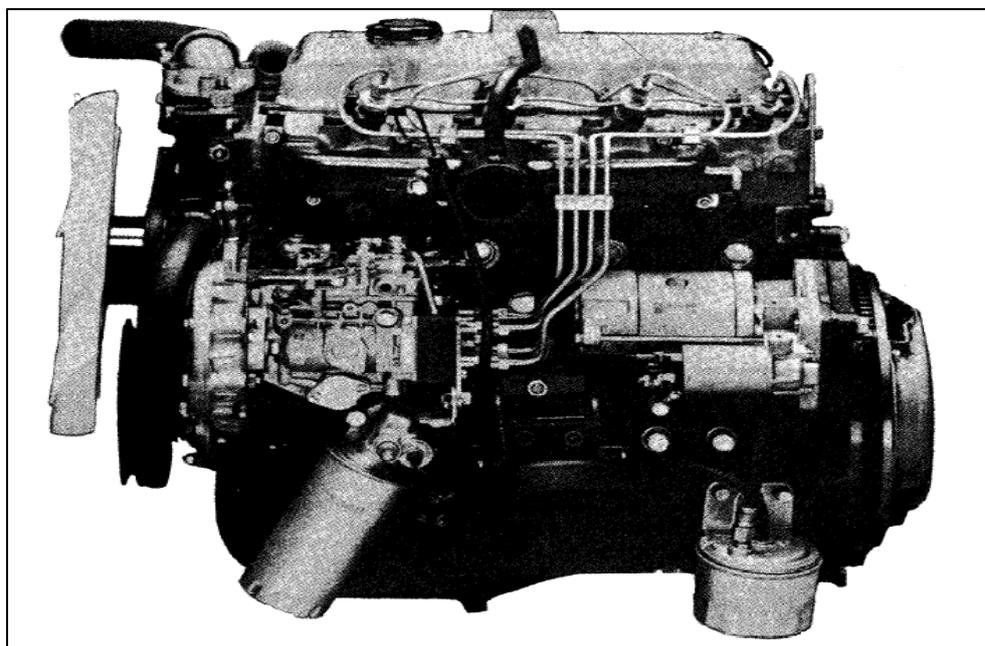


Figura 1.1. Vista lateral de un motor de combustión interna (21)

1.2 Tipos de MCI.

Existen varias clasificaciones y criterios para definir los tipos de motores de combustión interna, pero básicamente son dos los que gobiernan el amplio espectro:

- Encendidos por chispa, motores Otto, y
- Encendidos por compresión, motores Diesel.

1.3 Principios de funcionamiento de un MCI.

Es necesario indicar que casi la totalidad de MCI utilizados en el campo automotriz, estacionario y marino, en el Ecuador, son motores alternativos-reciprocantes, por lo que se explicará el principio de funcionamiento de estos últimos.

Antes de ahondar en el tema del funcionamiento, es importante realizar una descripción breve de los principales mecanismos y elementos fijos y móviles que componen un motor de combustión interna alternativo básico que se describen a continuación:

Partes fijas.

Las principales partes fijas de un motor de combustión interna son:

Block o bloque de cilindros, el componente fijo de mayor volumen del motor, manufacturado en una sola pieza, de hierro fundido generalmente; posee en su interior los orificios que albergan los cilindros y todos los conductos y galerías necesarios para la circulación de aceite lubricante y camisas para líquido refrigerante,

alberga al cigüeñal, y a todos los demás componentes fijos y móviles básicos del motor propiamente dicho.

Carter de aceite, es una bandeja que contiene el aceite lubricante en la parte inferior del motor, actúa como una tapa que sella el block en su parte más baja y protege al cigüeñal.

Culata de cilindros, es un elemento fijo que sella la parte superior del block y limita las cámaras de combustión, posee orificios y ductos para albergar a los mecanismos de válvulas, balancines, fluidos como aceite lubricante y refrigerante, así como también y a los múltiples de admisión de aire y escape de gases de combustión.

Tapa de balancines, es el componente fijo que sella al motor en su parte más alta, protege a los mecanismos de válvulas y balancines y da hermetismo a la culata de cilindros pues se aloja sobre ella.

Partes móviles.

Las principales partes móviles de un motor son las siguientes:

Cigüeñal, es la parte móvil más crítica y de mayor rigidez del motor, resiste la mayor parte de esfuerzos torsionales y flexionantes, debido

a cargas fluctuantes que actúan sobre ella, posee muñones de bancada que se asientan en los cojinetes del block y muñones de biela para conexión con los brazos de biela que a su vez se conectan con los pistones.

Brazos de Biela, elementos conectores entre pistón y cigüeñal, transmiten la fuerza de empuje que experimenta el pistón por la combustión hacia el muñón descentrado del cigüeñal, soportan esfuerzos de tracción y compresión debido a las cargas inerciales del movimiento alternativo recíprocante al que son sometidos.

Pistones, son émbolos alojados dentro del cilindro cuyo movimiento o desplazamiento produce las carreras necesarias para completar un ciclo de funcionamiento del motor. El desplazamiento del pistón dentro del cilindro va desde el Punto Muerto Inferior, PMI y el Punto Muerto Superior, PMS y viceversa, conociéndose a esta distancia de desplazamiento como carrera.

Válvulas de admisión y escape, son elementos que permiten o no el paso de aire de admisión y gases de escape, hermetizan la cámara de combustión, su trabajo tiene que ser perfectamente sincronizado con el movimiento del pistón para un correcto funcionamiento del

motor, su movimiento depende de la sincronización del cigüeñal y el árbol de levas.

Árbol de Levas, es un eje cuyo movimiento está sincronizado con el cigüeñal por medio de piñones o bandas dentadas, aloja a las llamadas levas que producirán el levantamiento y asentamiento de las válvulas ya sea directamente o por medio de seguidores y balancines.

Como se explicó en los párrafos anteriores, dentro de los cilindros del motor se encuentran alojados los pistones (figura 1.2), que a su vez se conectan con el cigüeñal; este cilindro se convierte en la cámara de combustión cuando el pistón se encuentra en su punto muerto superior y las válvulas están completamente cerradas; el pistón comprime aire en el caso de los motores diesel o una mezcla de aire y combustible en el caso de los motores Otto; una vez comprimido se produce la ignición, por chispa o por alta temperatura; y debido a la reacción química del hidrocarburo con el oxígeno del aire, se libera la energía térmica con elevados niveles de presión; esta presión de los gases combustionados es la que empuja al pistón dentro del cilindro y que a su vez produce un torque rotacional al cigüeñal, entregando energía mecánica utilizable.

Esta transformación de movimiento alternativo recíprocante en rotatorio solo se lo puede lograr gracias al mecanismo biela-manivela; en este caso el muñón descentrado del cigüeñal en donde se acopla la biela, actúa como manivela y logra que el movimiento articulado del pistón mueva rotacionalmente al cigüeñal. En la figura 1.3 se aprecia el mecanismo biela manivela conectado al pistón que se desplaza en el cilindro.

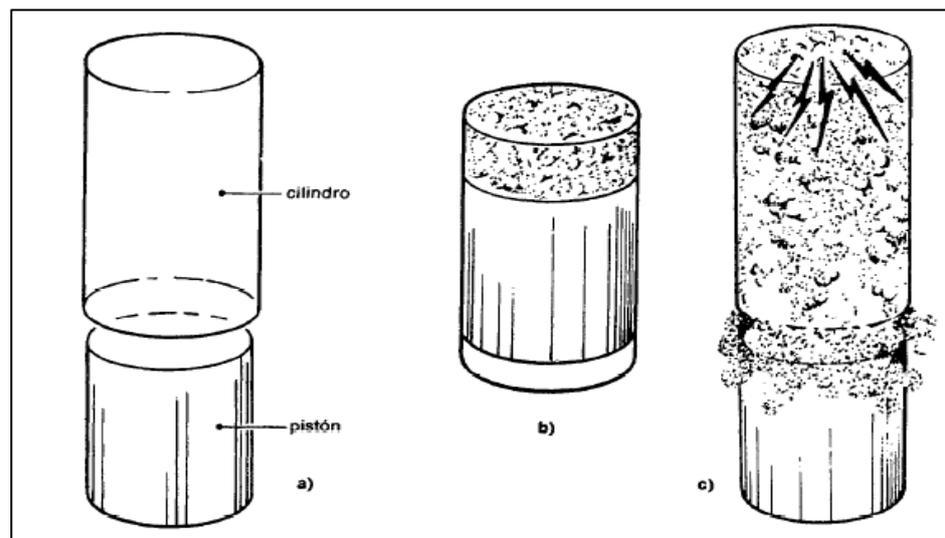


Figura 1.2. Desplazamiento del pistón dentro del cilindro (21)

- a) El pistón trabaja dentro del cilindro, con ajuste pero en libertad de movimiento alternativo.
- b) Al moverse hacia el PMS comprime la mezcla o aire, incrementando presión y temperatura.

Todo motor debe cumplir con el ciclo indicado para su funcionamiento; este ciclo se deberá cumplir en determinados giros del cigüeñal y por ende en determinadas carreras del pistón dentro del cilindro, basándose en esto último se define la existencia de dos tipos de motores que se diferencian en cuanto al número de carreras del pistón que utilizan para completar un ciclo, los motores que completan su ciclo de trabajo en dos carreras del pistón, se los conoce como motores de dos tiempos y los motores cuyo ciclo se completa en cuatro carreras del pistón se los conoce como motores de cuatro tiempos. La figura 1.4 muestra gráficamente los ciclos de un motor de 4 tiempos.

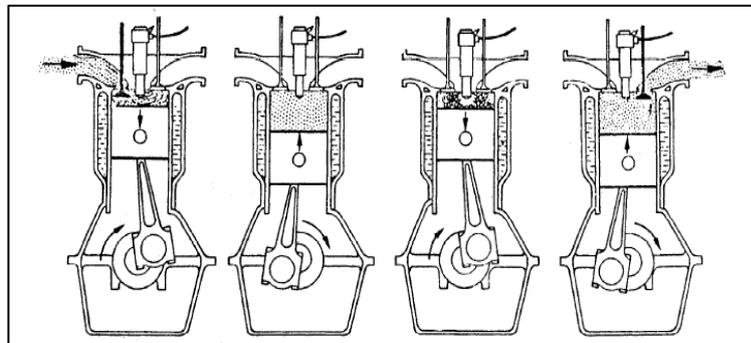


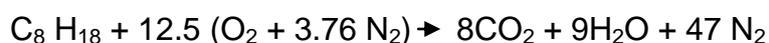
Figura 1.4. Ciclo de funcionamiento de un motor de 4 tiempos (21)

Combustión.

Otro aspecto importante de los principios de funcionamiento de un MCI, es la combustión propiamente dicha, que corresponde a una reacción química exotérmica violenta de un combustible, ante la presencia de alta temperatura y oxígeno del aire.

Para que la combustión sea completa y eficaz será necesario que las cantidades estequiométricas de hidrocarburo y oxígeno sean aproximadamente en una relación de 15:1; adicionalmente es necesario que el combustible se encuentre en estado casi gaseoso para que ocurra una buena mezcla con el oxígeno del aire.

Si estas dos premisas se cumplieran y se obtuviera una combustión 100% eficaz y completa, los resultados de esa reacción química serían:

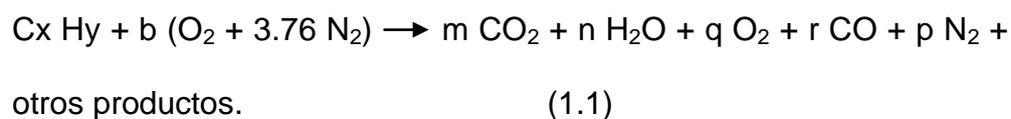


Hidrocarburo: $\text{C}_8 \text{H}_{18}$ (gasolina)

Aire Atmosférico: $\text{O}_2 + 3.76 \text{N}_2$

Sin embargo, la combustión no es completa, ya que difícilmente se puede realizar una mezcla perfecta y homogénea de aire y combustible, entre otros problemas producto de las variaciones de presión y temperatura dentro de los cilindros, además de la velocidad con que ocurre la combustión.

Por estas razones la combustión real o incompleta, entrega otros productos en forma de emisiones contaminantes, como se puede observar en la ecuación (1.1):



Donde:

Hidrocarburo genérico: $C_x H_y$

Aire atmosférico: $b (O_2 + 3.76 N_2)$

Aparecen en los productos: $q O_2 + r CO + \text{otros}$

Entre las emisiones se genera monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), dióxido de carbono (CO₂), e incluso ciertos anhídridos sulfurosos, debido

principalmente al contenido de azufre en los combustibles utilizados en nuestro medio.

El nitrógeno normalmente así como entra en el motor debería salir, y en la medida que el motor no esté bajo una carga importante no debería formar óxidos de nitrógeno.

A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de estos gases:

Monóxido de carbono, CO.

El monóxido es una emisión contaminante, producto del proceso de combustión incompleta, es un gas tóxico, inodoro e incoloro. Valores altos del CO indican una mezcla rica, es decir exceso de combustible en la inyección.

Normalmente el valor correcto está comprendido entre 0,5 y 2%, siendo la unidad de medida el porcentaje en volumen.

Dióxido de carbono, CO₂.

El dióxido de carbono o anhídrido carbónico es también una emisión contaminante, y producto del proceso de combustión, no es tóxico a

bajos niveles sin embargo es uno de los gases de efecto invernadero más nocivos.

El porcentaje de CO_2 , es un indicador de eficiencia de la combustión, su nivel porcentual más alto está entre el 12 y el 15% y siempre será deseable que se mantenga en ese rango, menores valores al indicado darían a entender una combustión ineficiente.

Hidrocarburos no quemados, HC.

Los hidrocarburos no combustionados, forman parte de los gases de escape, generalmente en forma de carbonilla, la cantidad de estos compuestos es pequeña en relación al volumen de los gases de escape.

Oxígeno, O_2 .

La presencia de oxígeno como un residuo de la combustión, es decir cuando existe oxígeno como emisión en los gases de escape, puede producirse cuando la combustión se realiza con un exceso de aire, lo que es conocido como mezcla pobre (mayor cantidad de aire y muy poco combustible de los que deberían mezclarse), también puede ser producto de fallas en el encendido del motor; sin embargo tampoco es deseable que la cantidad de oxígeno sea cero, pues esto

significaría que se han formado otros compuestos químicos como óxidos con el carbono y el nitrógeno, el valor del oxígeno debe ser menor al 2%.

Óxidos de nitrógeno, NO_x.

Los óxidos de nitrógeno se simbolizan genéricamente como NO_x, siendo la "x" el coeficiente correspondiente a la cantidad de átomos de nitrógeno, puede ser 1, 2, 3, etc.

Estos óxidos son perjudiciales para los seres vivos y su emisión en muchos lugares del mundo se encuentra reglamentada. Los óxidos de nitrógeno surgen de la combinación entre sí del oxígeno y el nitrógeno del aire, y se forman a altas temperaturas y presiones. Este fenómeno se lleva a cabo cuando el motor se encuentra con altas cargas.

1.4 Desempeño y consumo de combustible de los MCI.

La combustión que se desarrolla en los MCI es un proceso físico-químico completo; sin embargo la potencia del motor, el rendimiento económico (consumo) y la entrega del torque máximo, se ven afectados por la regularidad del desprendimiento del calor, el cambio de presión y temperatura dentro del cilindro, así como también por la

cantidad de aire que puede ingresar a sus cilindros para realizar una buena combustión, en un pequeñísimo lapso de tiempo mientras el motor gira a altas revoluciones.

Existen ciertos conceptos que deben ser explicados para entender de mejor manera el consumo y desempeño de un MCI, los mismos que se explican a continuación:

Cilindrada del Motor.

Se entiende por cilindrada, al volumen de mezcla de aire-gasolina o aire que ingresa a los cilindros del motor en el tiempo de admisión.

Cuando se dice que un motor de 4 cilindros tiene una cilindrada de 1,6 litros (1600 cm^3), quiere decir que en cada cilindro puede ingresar 400 cm^3 de mezcla en el tiempo de admisión.

Relación de Compresión.

Es la relación que existe entre el volumen máximo que ocupa la mezcla de gasolina y aire, o aire solamente que ha ingresado en el cilindro en el tiempo de admisión, con el pistón en el PMI y el volumen mínimo (reducido) de la cámara de combustión al terminar el tiempo de compresión con el pistón en el PMS.

En los motores de ciclo Otto si la relación de compresión es demasiado alta, la mezcla de aire y combustible se sobrecalentará y se encenderá antes de que la bujía lance la chispa, lo cual puede dañar el motor. Otro inconveniente de las altas relaciones de compresión es que eleva las temperaturas de combustión y aumenta la emisión de los óxidos de nitrógeno (NOx). Las relaciones de compresión de los motores a gasolina van desde 8:1 hasta 9,5:1.

Los motores Diesel trabajan con relaciones de compresión más altas, ya que dependen de la alta compresión para crear el calor para la ignición del combustible. Las relaciones de compresión en este caso van aproximadamente desde 16:1 hasta 25:1.

Par Motor – Torque.

El torque desarrollado por el motor (figura 1.5) depende de la fuerza que logran los gases en la carrera de potencia, que se transmite como una fuerza hacia el cigüeñal y de la distancia de descentramiento del muñón de biela (brazo del cigüeñal), al multiplicar la fuerza de empuje por la distancia, se obtiene el torque dado por la ecuación (1.2).

$$T = F \times d \quad (1.2)$$

Donde:

T= Torque

F= Fuerza de empuje de los gases de combustión

d= Brazo de cigüeñal

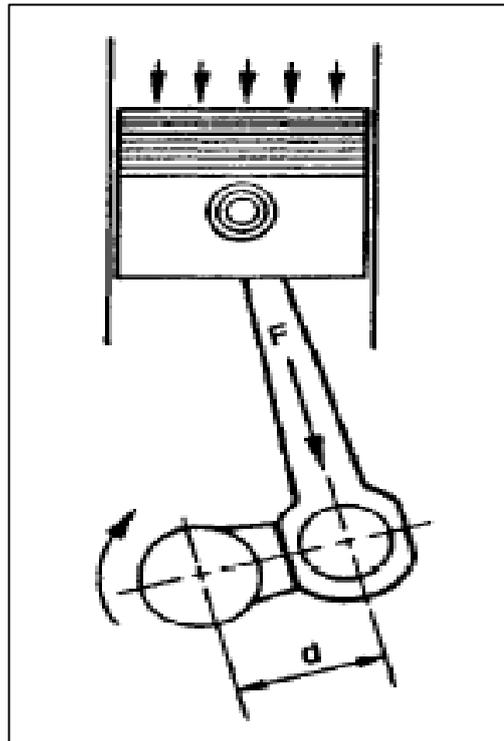


Figura 1.5. Torque de un motor (21)

El par motor también es definido como el esfuerzo de rotación que experimenta el cigüeñal. El torque máximo se consigue cuando el llenado de los cilindros es el mayor posible, lo que equivale a quemar mayor cantidad de combustible para expandir mejor los gases y por ende desplazar con mayor fuerza los pistones. En este punto es

importante mencionar que juega un papel preponderante la eficiencia volumétrica, que relaciona, a la cilindrada real de un cilindro con el volumen de aire que efectivamente puede ser llenado en la carrera de admisión, debido al muy corto tiempo (milésimas de segundo) que se dispone para que válvulas de admisión permanezcan abiertas, tiempo que se va reduciendo conforme el motor gira a más altas revoluciones. Como se indicó, el torque también depende del largo del brazo del cigüeñal (d), esto explica porque los motores de mayor tamaño, son capaces de entregar mayores torques que los más pequeños, debido a que están diseñados con los brazos del cigüeñal más largos.

Potencia.

Físicamente la potencia se refiere a la cantidad de trabajo que un sistema puede producir en la unidad de tiempo, siendo así, en un motor de combustión interna, el trabajo está representado por el torque generado en su cigüeñal y si se lo relaciona con su velocidad de giro, se obtiene la potencia.

Por lo tanto, la potencia de un motor es la relación directa de torque y velocidad angular, y se representa por la ecuación (1.3):

$$P = T \times \omega \quad (1.3)$$

Donde:

P: potencia del motor en HP (Horse Power)

T: torque del motor en kg – m

ω : velocidad angular del volante (RPM)

Los fabricantes clasifican sus motores por la máxima potencia que pueden producir a determinadas rpm. Existen varias mediciones de potencia que pueden ser solo realizadas en laboratorio y en bancos de pruebas, la potencia térmica es calculada de acuerdo a la energía potencial térmica que puede entregar el combustible, la misma que será mayor que la potencia indicada, que se mide con osciloscopios, utilizando sensores al interior de cada cilindro y finalmente la potencia entregada o al freno que es la medida en el volante por medio de un dinamómetro.

Curvas de Rendimiento del Motor.

Las curvas de rendimiento son una representación gráfica del desempeño y funcionamiento del motor, y representan una caracterización única, son obtenidas a partir de mediciones realizadas a motores a distintos regímenes de velocidad angular (rpm) y distinta carga aplicada al volante del motor, son propias para

cada MCI nuevo, prototipo o reconstruido, estas curvas se confeccionan una vez que el motor haya sido sometido a test de desempeño en un banco de pruebas.

Los fabricantes entregan las curvas de desempeño a los usuarios de los motores como información técnica esencial, puesto que dan importante información para su utilización, aplicación y mejor explotación posible.

Existen básicamente tres curvas de desempeño que caracterizan un motor, mostradas en la figura 1.6, la primera es una representación gráfica de los distintos niveles de torque entregados a diferentes valores de rpm, la segunda curva es la representación de la potencia al freno para distintas velocidades angulares y finalmente la curva de consumo de combustible, que representa el consumo en caudal de combustible a distintas revoluciones del motor.

Curva de torsión (Par-Motor).

La curva de torsión representa gráficamente los diferentes niveles de torque entregados por el cigüeñal para varias velocidades angulares, la cual varía con la velocidad angular hasta llegar a un punto de entrega de torque máximo, es decir su máximo esfuerzo de rotación,

después del cual empezará a decrecer; el torque máximo en un motor representa la velocidad más económica a la que el M.C.I puede trabajar.

La forma de la curva de torsión está determinada por el diseño mismo del motor, pues como se puede observar en la curva presentada en la figura 1.6, a medida que incrementa la velocidad angular también lo hará el torque, sin embargo, una vez que llega a su valor máximo este empieza a decrecer por varios factores, siendo el más importante la pérdida de eficiencia volumétrica que experimenta el motor a altas revoluciones.

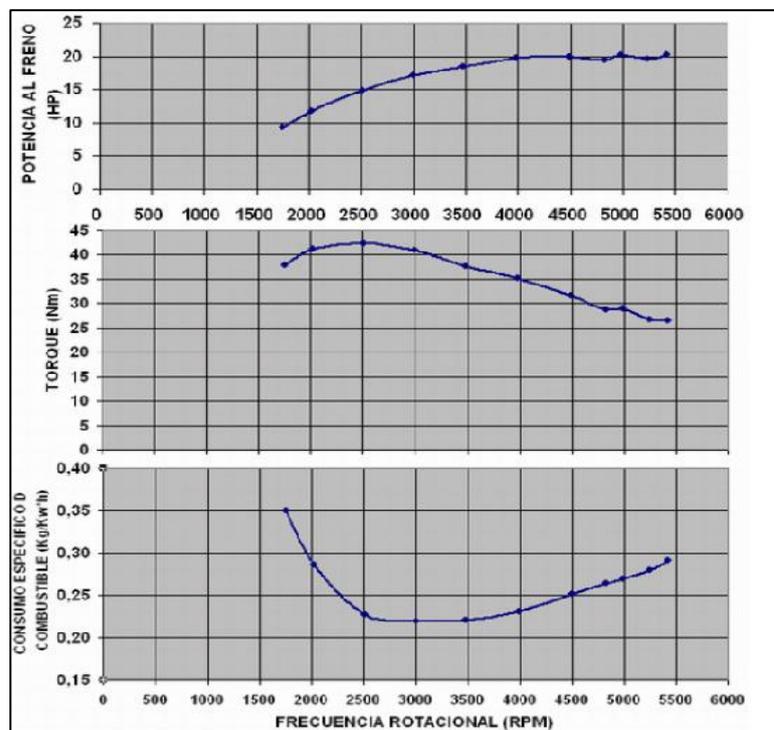


Figura 1.6 Curvas de potencia, torque y consumo (23)

Curva de potencia.

La curva de potencia de un motor, representa una relación directamente proporcional a la velocidad angular en su primera parte; luego la tendencia es mantenerse constante cuando llega a altas velocidades; si se sobrepasa la velocidad máxima nominal la potencia empieza a disminuir debido a la caída de torque que experimenta a altas revoluciones.

1.4.1 Cálculo de la potencia, torque y consumo en laboratorio.

Como se explicó en los ítems anteriores, los cálculos de potencia y torque máximos que un motor puede desarrollar, así como también el consumo de combustible, son propios de su diseño, sin embargo existen métodos para realizar mediciones de estos parámetros en laboratorio, para lo cual es necesario contar con equipos de medición de torque como dinamómetros, lectores de parámetros de operación, sensores de presión de aceite, temperatura de refrigerante, medidores de consumo de combustible, osciloscopios para medición de potencia de entrada, medición de opacidad y emisiones de gases de escape, esto se lo puede realizar en los llamados bancos de pruebas de motores.

1.5 Definición de banco de pruebas para MCI.

Todos los motores recién contruidos o prototipos en desarrollo, deben ser sometidos a una serie de mediciones alternadas con severas pruebas de durabilidad y de carga, con el fin de realizar cuantos ajustes y afinamientos sean necesarios para una precisa puesta a punto, solo así se alcanzarán los resultados previstos en el proyecto.

Aquellos motores que estén siendo producidos en serie, también requieren que se les dé un período de rodaje o asentamiento con comprobaciones de sus parámetros previo a la salida al mercado.

Así mismo, en motores sometidos a un overhaul, o reparación total que haya incluido cambio de componentes móviles (pistones o válvulas, cambio de cojinetes de bancada y de biela) o rectificaciones de muñones de cigüeñal, cilindros, o aquellos a los cuales se les hace modificaciones para mejorar su desempeño (como los utilizados en autos de competencia), deberán ser sometidos a pruebas de rendimiento y carga previo a la certificación de fiabilidad y cumplimiento de los parámetros originales de diseño, entregados por el fabricante para que la reparación realizada sea considerada de calidad.

Todas estas mediciones y test, se los debe realizar en un laboratorio especializado para motores, mejor conocido como “Banco de Pruebas”.

En el banco de pruebas para MCI se realizan básicamente tres tipos de ensayos (torque con acelerador totalmente abierto; torque a velocidad constante y apertura variable del acelerador; torque y consumo de aire y combustible con acelerador totalmente abierto y velocidad variable), cuyo principal objetivo es el de determinar las variables más importantes de funcionamiento de un motor, como son el torque y potencia en función del régimen de trabajo (rpm) que sean aplicadas. Estas pruebas están regularizadas por la norma SAE J1349 (ISO 1585), con la cual se determina una base para la medición de potencia de motores a gasolina de cuatro tiempos, dos tiempos y motores a diesel, así como pruebas para determinar los consumos de combustible y aire.

En relación a las pruebas de medición de las concentraciones de emisiones, las normas estipulan la metodología para la determinación de las concentraciones de contaminantes producto de la combustión de los MCI, a varios regímenes de marcha (ralentí, marcha mínima, velocidad de cruce), medidas que podrían

determinar si un motor en particular cumple o no con la reglamentación ambiental vigente.

1.6 Descripción de los principales componentes de un banco de pruebas para MCI.

Un banco de pruebas deberá estar instalado en un espacio físico adecuado exclusivamente para pruebas de motores, sus dimensiones dependerán del tamaño y número de motores que se pretende y requiere caracterizar o probar. A continuación se realiza una descripción de los principales componentes que debe poseer un banco de pruebas para MCI:

Cimentación.

Diseñada y construida para que se reposen sobre esta las bancadas, frenos y motores a ser probados.

La cimentación para máquinas vibrantes debe ser adecuadamente diseñada, pues esta deberá absorber las vibraciones producidas por el funcionamiento propio de los motores que sean apoyados en el banco de pruebas.

La estructura de la cimentación no puede ser diseñada estáticamente, sino que deben considerarse muchos aspectos dinámicos que afectarán a la cimentación tales como la frecuencia de giro del motor, momentos, masa, etc.

Bancada o pedestal.

La bancada es un elemento de fijación y soporte del motor que va colocado sobre la cimentación y al igual que esta última debe ser capaz de absorber vibraciones y aterrizarlas hacia la cimentación. La bancada debe tener la capacidad de albergar a varios tamaños y tipos de motores de distintas marcas, por lo que deberá poseer bases móviles para los motores que sean fijados sobre ella, generalmente las bases de los motores deben poseer un material amortiguador de las vibraciones.

Montacargas o grúa

Utilizados para izar, transportar, montar y fijar el motor en la bancada, así como regular la altura y alinear el motor con el freno. La capacidad máxima de la grúa dependerá de la masa de los motores que sean instalados en el banco de pruebas.

Freno dinamométrico.

Es el componente esencial del banco de pruebas, el cual está diseñado para absorber la potencia desarrollada por el motor, ofreciendo una resistencia al giro de éste, con la capacidad de medición de torque o par motor. Existen tres tipos de frenos dinamométricos, de acuerdo al principio aplicado para oponerse al par torsional del motor, estos son: freno de fricción, freno hidráulico y freno eléctrico.

Frenos de Fricción

El “Freno de Prony”, la versión más antigua de un freno dinamométrico está basado en la fricción, utiliza un tambor y una zapata para frenar al motor.

Se mide la fuerza de fricción generada al brazo del freno, tomando en cuenta la longitud del mencionado brazo.

Se utiliza una banda alrededor de un tambor acoplado al cigüeñal del motor con un contrapeso, una manivela incrementará la tensión de la banda para generar fricción y por medio del contrapeso realizar la medición del torque. Este tipo de freno (figura 1.7) es de fácil construcción, sin embargo no es muy práctico para mediciones de

motores a altas revoluciones ya que genera grandes pérdidas de energía en forma de calor, lo que hace difícil su enfriamiento.

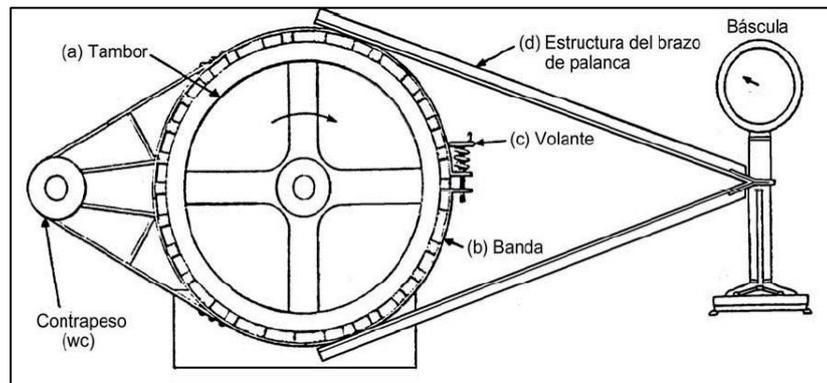


Figura 1.7. Versión antigua de freno "Prony" (1)

Frenos Hidráulicos

Consiste en un disco montado dentro de una carcasa, la que será llenada de agua a presión, el agua genera la oposición al par torsional del motor, por lo que al variar la cantidad de agua que ingresa a la carcasa, se puede obtener mayor o menor freno y realizar mediciones más exactas, especialmente a altas revoluciones y grandes torques. Los discos muchas veces poseen aletas o álabes para generar una mayor resistencia. La medición del torque se realiza por medio de básculas o strain gages. Un modelo de este tipo de freno se muestra en la figura 1.8

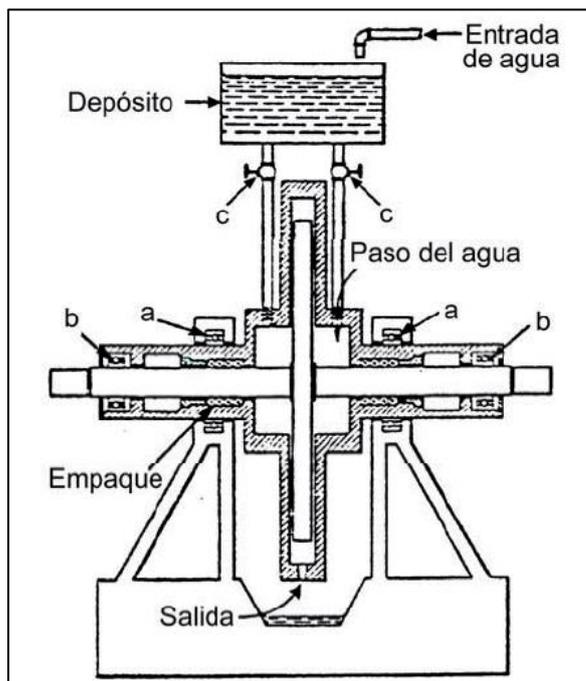


Figura 1.8. Freno hidráulico (33)

Frenos eléctricos de corrientes parásitas.

Los frenos eléctricos de corrientes parásitas, mostrado en la figura 1.9, se basan en que un disco acoplado al volante del motor girará accionado por éste dentro de un campo magnético, cuya intensidad se controla haciendo variar la corriente que circula por una serie de bobinas instaladas en ambos lados del disco, el cual actúa como conductor cortando el campo magnético.

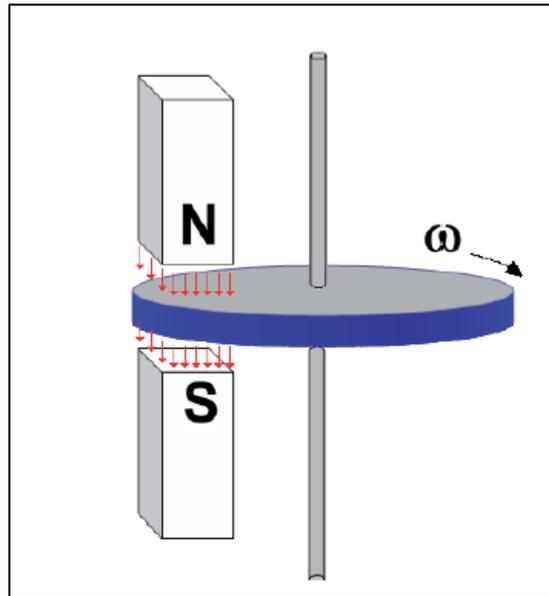


Figura 1.9. Esquema freno de corrientes parásitas (32)

Sistema de alimentación de combustible.

Su función es almacenar, distribuir y medir el combustible del motor que se encontrará probándose en el freno dinamométrico. El banco de pruebas debe poseer tanques de almacenamiento de los diferentes combustibles (diesel, bio-diesel, GLP o gasolina) para la operación de varios tipos de motores que vayan a ser probados; el almacenamiento deberá ser por separado y el sistema deberá también contemplar tanques de servicio, válvulas de seguridad, filtros, retornos, etc.

Sistema de refrigeración del motor.

El sistema deberá poseer capacidad para enfriamiento de los distintos tipos de motores. El sistema de refrigeración del banco de pruebas, va a depender del tipo de motores a ser probados, la gran mayoría de motores de aplicación automotriz son enfriados por agua, mediante la utilización de un intercambiador de calor agua-aire de tiro forzado, lo que comúnmente se conoce como radiador. En el caso de ciertas marcas de automotores y algunas aplicaciones estacionarias, especialmente bombas y generadores portátiles, el enfriamiento de los motores se lo realiza por inducción forzada de aire que circula alrededor de álabes de enfriamiento de los cilindros.

Otra forma de enfriamiento de motores de combustión interna es la utilización de intercambiadores de calor agua-agua, este tipo de motores generalmente se encuentran en aplicaciones marinas o industrias específicas localizadas junto a ríos o lagos.

En resumen, es necesario contar con al menos dos de los tres tipos de enfriamiento de motores, que serían un enfriador aire-aire y un sistema de alto flujo de aire de enfriamiento para que circule sobre los motores en prueba.

Analizador de gases de escape.

Es el sistema que realiza la medición de concentración de las diferentes emisiones contaminantes en los gases de escape de los motores (figura 1.10). Del proceso de combustión del motor se obtienen diversos gases y productos, entre ellos, los más importantes son: CO (monóxido de carbono), CO₂ (dióxido de carbono), O₂ (oxígeno), hidrocarburos no quemados (HC), nitrógeno, agua y bajo ciertas condiciones NO_x (óxidos de nitrógeno).

Es muy importante realizar un correcto análisis de las proporciones de los gases como un indicador de la condición operativa del motor, ya que esto sirve para diagnósticos importantes de su funcionamiento y afinamiento.

El equipo analizador de gases de escape realiza un análisis químico de las emisiones y da como resultado la composición proporcional de los mismos.

Existen varios tipos de analizadores de gases, sin embargo los que utilizan detectores infrarrojos, son los de mayor aplicación, relativo menor costo y fáciles de operar.

Su principio de operación se fundamenta en lo siguiente: como es conocido, la energía infrarroja IR es una forma de luz cuya longitud de onda es más larga que la de la luz visible al ojo humano, por lo que se debe utilizar dispositivos que detecten la presencia de ondas de luz infrarroja.

Por otro lado, se conoce que muchos gases tienen la propiedad de absorber ondas de luz específicas, entre estos gases precisamente están el monóxido de carbono, hidrocarburos y dióxido de carbono; estos tienden a absorber las bandas estrechas de longitudes de ondas infrarrojas 5 ó 6 veces más largas que la luz visible. La absorción del ancho de las bandas de cada uno de los componentes de un gas es relativamente estrecha.

Afortunadamente hay un muy pequeño lapso de absorción de bandas en varios gases presentes en una corriente de gases.



Figura 1.10. Equipo Analizador de Gases (11)

Es posible detectar la presencia de un gas, por medición del equivalente de la luz infrarroja absorbida en una onda particular de energía infrarroja que pasa a través de las células contenidas en la mezcla de un gas.

Si un gas absorbe un espectro de luz infrarroja, y este espectro es característico y específico de dicho gas, entonces la indicación de esta absorción puede ser usada como indicación de la concentración de dicho gas, (figura 1.11).



Figura 1.11. Esquema sensores infrarrojos (8)

Red de agua.

La provision de agua es necesaria para enfriar y permitir el trabajo de los frenos dinamométricos. La red de agua en un banco de pruebas sirve para enfriamiento y flujo de trabajo al freno dinamométrico, principalmente. La capacidad del sistema dependerá si se instala un freno hidráulico que utilizará un alto flujo de trabajo y enfriamiento o un freno de corrientes parásitas, en donde será necesario un flujo solo para enfriamiento.

Dependiendo de la capacidad instalada del banco de pruebas, se diseñará un reservorio de agua lo suficientemente grande como para garantizar un flujo continuo.

Sistema de evacuación de los gases de escape.

Se requieren instalaciones fijas para conectarse al múltiple de escape, hacer pasar los gases por un silenciador, de ser posible un catalizador, instrumentos de medición de opacidad y emisiones y finalmente enviados a la atmósfera. En un banco de pruebas es muy importante que el ambiente de trabajo sea seguro e higiénico para las personas que laborarán o estudiarán en él, siendo así la calidad del aire al interior deberá estar libre de contaminantes. Uno de los sistemas que ayudará a que esto se cumpla es el de recolección y extracción de gases de escape, que permitirá que el ruido de la explosión del motor sea minimizado y que los gases de escape sean enviados al exterior del banco de pruebas. Se deberá considerar entonces que el sistema de escape posea silenciadores y ductos necesarios para recolectar desde los múltiples de descarga hacia el exterior de la edificación.

Sistema de ventilación de la sala.

Se debe evitar el sobrecalentamiento del local por la radiación de calor del motor. Se efectúa mediante ventiladores axiales o centrífugos de impulsión y extracción. Este sistema deberá garantizar que el aire al interior del área de pruebas sea el adecuado y suficiente para realizar una buena combustión de los motores que

sean probados, así mismo, al igual que el sistema de gases de escape, ayudará a que el aire ambiental se encuentre libre de contaminantes, por lo que garantizará una renovación adecuada de aire fresco tal que mantenga los niveles de emisiones por debajo de los límites mínimos tolerables para el ser humano en una jornada de trabajo.

Cuarto de control.

Es una habitación aislada del ruido y debidamente climatizada, desde donde se observará a través de una ventana el funcionamiento correcto del motor. Dentro de este cuarto de control se encuentra la consola de mando y vigilancia que visualiza y registra los valores nominales medidos por el dinamómetro, parámetros de funcionamiento e inclusive puede tener capacidad de arranque y parada remota de los motores. Esta deberá estar aislada de la sala o salas de pruebas, el aislamiento será en la parte térmica y sonora, permitiendo que posea un ambiente climatizado y con un nivel de ruido que no sobrepase el de confort máximo recomendado para este tipo de instalaciones.

Sistemas Auxiliares y de Seguridad.

Se debe contar con un sistema de aire acondicionado para la sala de control, sistema contra incendios, señalética y seguridad industrial para toda la instalación.

En relación al sistema de aire acondicionado, deberá tener la capacidad suficiente para mantener la sala de control a una temperatura ambiental promedio de 22°C, y humedad relativa del 50%, lo que garantizará un adecuado funcionamiento de los equipos electrónicos y el confort de las personas que ocupen ese espacio físico.

Respecto al sistema contraincendios, este debe contemplar extintores con agente extintor adecuado para cada material combustible existente en las distintas áreas, alarmas detectoras de humo y alta temperatura y sistemas automáticos de rociamiento de agentes extintores para cada área.

En lo que se refiere al sistema de señalética y seguridad industrial, se deberán respetar las normas y estándares vigentes para áreas restringidas, peligrosas y prohibidas, caminos de seguridad, rutas de evacuación, luces de emergencia, puntos de reunión, etc.

1.7 Información y pruebas que se pueden obtener.

Las pruebas principales a las que son sometidos los MCI, son las que sirven para obtener los valores relativos al par motor, la presión media efectiva, la potencia desarrollada, el consumo específico de combustible, los diferentes rendimientos así como la composición de los gases de escape.

La información que se obtiene en el banco de pruebas es una continua lectura de parámetros, que en condiciones normales de operación son generalmente los siguientes:

Temperatura de líquido refrigerante.

Debe mantenerse en el valor definido por el fabricante, generalmente es de 90°C; una vez que se da arranque al motor se deberá esperar que alcance la temperatura de trabajo para iniciar las pruebas, ante cualquier variación de este parámetro se debe tomar acciones en los sistemas de enfriamiento del propio banco.

Presión de aceite lubricante.

Es muy importante su monitoreo, la presión debe mantenerse en los valores definidos por el fabricante, sin variaciones, pues esto indica

que las tolerancias de piezas móviles y las cantidades de aceite lubricante son las adecuadas.

Temperatura de combustión dentro de cilindros.

Este tipo de lecturas se puede realizar colocando pirómetros de medición en cada cilindro del motor (no siempre se realiza esta lectura, salvo el caso que se requiera analizarlo). El análisis de la variación de temperaturas dentro de la cámara de combustión, sirve para verificar el trabajo de los sistemas de inyección de combustible, admisión de aire y adecuada combustión.

Opacidad y contenido de emisiones en gases de escape.

Se puede medir las cantidades de monóxido de carbono, CO, óxido de azufre, SO, óxidos de nitrógeno, NOx, hidrocarburos no quemados HC, hollín, CO₂, etc., para comparar con los límites permisibles de la norma ambiental establecida.

Consumo de combustible.

Se puede monitorear el consumo de combustible por medio de inspecciones visuales, en mirillas de control de nivel en un tanque de servicio, para que sea fácilmente identificable el volumen consumido de combustible en un tiempo determinado de operación continua, a

un mismo régimen de velocidad. De existir la posibilidad de espacio, se deben colocar medidores de flujo y caudal que entregue en tiempo real lecturas del consumo de combustible.

Velocidad angular.

La medición y registro de este parámetro es muy importante para que se puedan construir las diferentes gráficas de torque o par motor, potencia máxima y consumo de combustible, todas en función de la variación de la velocidad angular; estas mediciones se las realiza mediante tacómetros conectados al volante del motor.

1.8 Enfoque del “Marco Lógico” para formulación de proyectos.

El “Marco Lógico” es una herramienta metodológica ampliamente utilizada para formular, planificar, gestionar y controlar proyectos orientados por objetivos.

Es una manera de estructurar los principales elementos de un proyecto, subrayando los lazos lógicos entre los insumos previstos, las actividades planeadas y los resultados esperados, con la finalidad de garantizar la estandarización de criterios y la calidad en la planificación y posterior ejecución de un proyecto.

El origen del “Marco Lógico” se remonta a la década de los años 60, en donde la USAID optó por estandarizar la metodología mediante la cual se le debían presentar los requerimientos de cooperación en términos de objetivos, resultados y tareas que justifiquen las donaciones e inversiones de tipo social principalmente y, desde entonces, el “Marco Lógico” lo han utilizado muchas de las principales organizaciones donantes, tanto multilaterales como bilaterales de todos los países del mundo.

Actualmente y desde hace unos ocho años atrás (2007), en el Ecuador también se utiliza el enfoque del “Marco Lógico” para planificación de proyectos del Estado, de acuerdo a lo establecido en la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). Los proyectos de desarrollo tienen el objetivo de inducir cambios con resultados deseados dentro del ambiente del proyecto y la sociedad en general, por lo que se supone que existe un acuerdo general en cuanto a la situación mejorada que se conseguirá, antes de planificar el proyecto.

Eso hará posible llegar a un acuerdo en cuanto al propósito y a la meta del proyecto. No existen proyectos de desarrollo en un vacío social.

Es importante describir la situación futura deseada de tal manera que sea posible averiguar posteriormente hasta qué grado el proyecto ha tenido éxito en relación con sus objetivos y los grupos beneficiarios.

Un proyecto de desarrollo se basa en sus insumos, la realización de ciertas actividades y llevará a cierto número de resultados que se espera contribuirán al logro de los objetivos deseados.

Insumos, actividades y resultados son los elementos de un proyecto; no son en sí una medida de éxito o fracaso, hasta dónde un proyecto tenga éxito o no depende tanto de cierto número de factores que la gestión del proyecto puede controlar, como de ciertos números de factores externos.

Durante la fase de planificación y ejecución es muy importante identificar, seguir y analizar los factores externos, ya que pueden hacer fracasar el proyecto aún si se ejecuta de la manera planeada.

El marco lógico se resume en una matriz de 4x4 que contiene las metas y objetivos, resultados esperados, tareas y actividades, insumos contrapuestos con indicadores, medios de verificación y los

supuestos que son los factores externos que pueden incidir en la ejecución del proyecto.

En el siguiente capítulo se utiliza esta metodología para formular el proyecto producto del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, ALCANCE DEL PROYECTO Y MATRIZ DE MARCO LÓGICO

2.1 Situación Problemática.

En este capítulo se definirá la situación problemática, analizando las principales debilidades y/o fortalezas de la ESPOL en general y de la FIMCP en particular; es importante enfatizar que el problema que se identifique debe ser visto como una oportunidad de mejora. Se propone para el efecto analizar tres aspectos que están directamente relacionados con el estudio de los MCI y con las actuales exigencias gubernamentales hacia los institutos de educación superior; estos son: académico, investigativo y de afectación al medio ambiente.

2.1.1 Aspecto Académico.

Actualmente, en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción-FIMCP, específicamente en el Laboratorio de Termofluidos existe un pequeño banco de pruebas, en el que se realizan clases prácticas y/o pruebas de desempeño de motores de combustión interna de menor tamaño; no es posible realizar pruebas a motores de tamaño medio o estacionarios grandes, principalmente debido a las limitaciones del dinamómetro, así como también al espacio físico que debería ser exclusivo para este tipo de pruebas con el objetivo de garantizar la no afectación a la seguridad y salud de los alumnos e instructores por la exposición a niveles de ruido excesivo, altas temperaturas y gases de escape producto de la combustión.

Por lo tanto, el primer componente de nuestra línea base del problema, en resumen es:

“Dificultad por parte de los alumnos e instructores para realizar clases prácticas, demostrativas y de laboratorio para determinar el desempeño de motores de combustión interna y construir las curvas características de los mismos”.

2.1.2 Aspecto Investigativo.

La exigencia actual por parte del Estado ecuatoriano hacia los institutos de educación superior y el avance tecnológico global, hacen que sea imperativo contar con un nivel académico que explote las capacidades tanto de docentes como de estudiantes para desarrollar investigación y generar proyectos en todos los campos de la ingeniería; por esto, es primordial que en una de las universidades de más alto nivel técnico y científico del país como lo es la ESPOL, se fortalezca la investigación e innovación tecnológica.

En los últimos años no ha existido una cantidad importante de investigaciones ni desarrollo de proyectos en el campo de la combustión interna, salvo el caso de una tesis registrada en el año 2013 con el título **“Pruebas de Rendimiento y Comparación de las Curvas Características y de Emisión de Gases de Combustión de un Motor Nissan A12 Utilizando los Combustible E0, E5 y E10”** cuyo autor es el Ing. Luis Maldonado S; lo anteriormente citado posiblemente se debe a que no se cuenta con un espacio físico exclusivamente dedicado a pruebas de MCI, necesario para la realización de experimentación, caracterización y evaluación del desempeño.

Así mismo, se puede observar que la población estudiantil de la carrera de Ingeniería Mecánica se ha incrementado en los últimos años y se requiere para la realización de prácticas de laboratorio dentro de la materia de motores de combustión interna de un espacio físico adecuado que cuente con una celda de pruebas para MCI, una sala de control y aula de clases prácticas.

Finalmente se debe mencionar que de existir el requerimiento de empresas u organismos externos para que la ESPOL realice investigación, estudios, certificaciones o análisis en MCI de uso automotriz, estacionario o industrial de tamaño medio o grande, esto no podría ser atendido debido a la falta de equipamiento e infraestructura, sumándose a esto el hecho de que no existe la posibilidad de realizar la investigación, experimentación y estudios en otro centro educativo, empresa u organismo público o privado, en vista que no hay registros de un laboratorio de desempeño o banco de pruebas adecuado para estudios e investigación de MCI en la ciudad de Guayaquil o en la provincia del Guayas.

Actualmente se ha finalizado con la ejecución de un proyecto para la modernización y reacondicionamiento de un banco de pruebas para motores de gran tamaño, entre 3.500 y 5.000 HP y de uso marino, el

que está instalado y operando en la Base Naval Sur y pertenece a los Talleres de Maestranza MTU de la Armada del Ecuador, sin embargo, este centro de pruebas no cuenta con facilidades para estudiantes o investigadores y no es apto para la caracterización de motores de uso automotriz y estacionario medio, que a priori sería el adecuado para los requerimientos de la ESPOL.

En este aspecto, la situación problemática es la siguiente:

“Muy poca generación de proyectos e investigación de nuevas tecnologías para mejorar el desempeño de MCI, validación y pruebas de las técnicas de reconstrucción, reparación y mantenimiento o de nuevos métodos de afinamiento y preparación de motores con fines científicos, comerciales y/o deportivos, así como también no existen actividades investigativas sobre pruebas en prototipos e invención de nuevos motores de combustión interna”.

2.1.3 Aspecto medio ambiental.

En relación a este aspecto de la situación problemática actual, se puede mencionar que tanto el Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales, como el Centro de Estudios del Medio Ambiente, no ofrecen los servicios de estudios y caracterización de emisiones

contaminantes producto de la combustión en MCI, así como tampoco certificaciones de impacto ambiental o estudios por la utilización de nuevos combustibles en MCI.

En este aspecto la situación problemática actual es la siguiente:

“Existe gran dificultad en la realización de estudios, auditorías y certificaciones acerca de las emisiones contaminantes, pruebas de afectación en el desempeño y en sus emisiones por la utilización de biocombustibles, pruebas y estudios de mejora en la reducción de emisiones por modificaciones, aplicación de nueva tecnología para mejorar la combustión y reducir las emisiones en MCI”.

Los tres aspectos anteriormente citados demuestran que existe una debilidad o situación problemática en relación a las oportunidades para mejorar el aspecto educativo de los estudiantes, desarrollar investigación, nuevos proyectos entre facultades e incluso generar oportunidades de brindar servicios a otras instituciones externas que pueden tener interés en el impacto ambiental, desempeño o caracterización de MCI.

Una vez identificadas las debilidades en los tres aspectos propuestos, se han conjugado a todas ellas en una sola situación a ser revertida, lo que define nuestro problema como sigue:

“Dificultad e imposibilidad de realizar de manera adecuada y segura: Prácticas de laboratorio, desarrollo de investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI; así como también probar, evaluar y estudiar técnicas y tecnología de control de emisiones contaminantes”.

2.2 Análisis del Problema.

Para realizar un análisis del problema, se utilizará la metodología del “Marco Lógico”, el mismo que partirá de la definición del problema central realizada en el numeral anterior; procediendo luego a emplear los diagramas de problemas y objetivos que facilitarán la determinación de metas, objetivos y productos deseados, componentes importantes para la formulación del proyecto.

2.2.1 Diagrama de problemas.

El diagrama o también llamado, árbol de problemas, mostrado en la figura 2.1, es una herramienta que permite visualizar gráficamente el

problema central que debe ser revertido con la ejecución del proyecto.

En el caso del presente trabajo, el problema central está definido y se encuentra en el centro del diagrama, es decir constituye el tronco del árbol, debajo del problema central se han determinado las raíces o causas; y, sobre el tronco están las ramas y hojas que constituyen por si mismas los efectos producidos por la situación problemática encontrada.

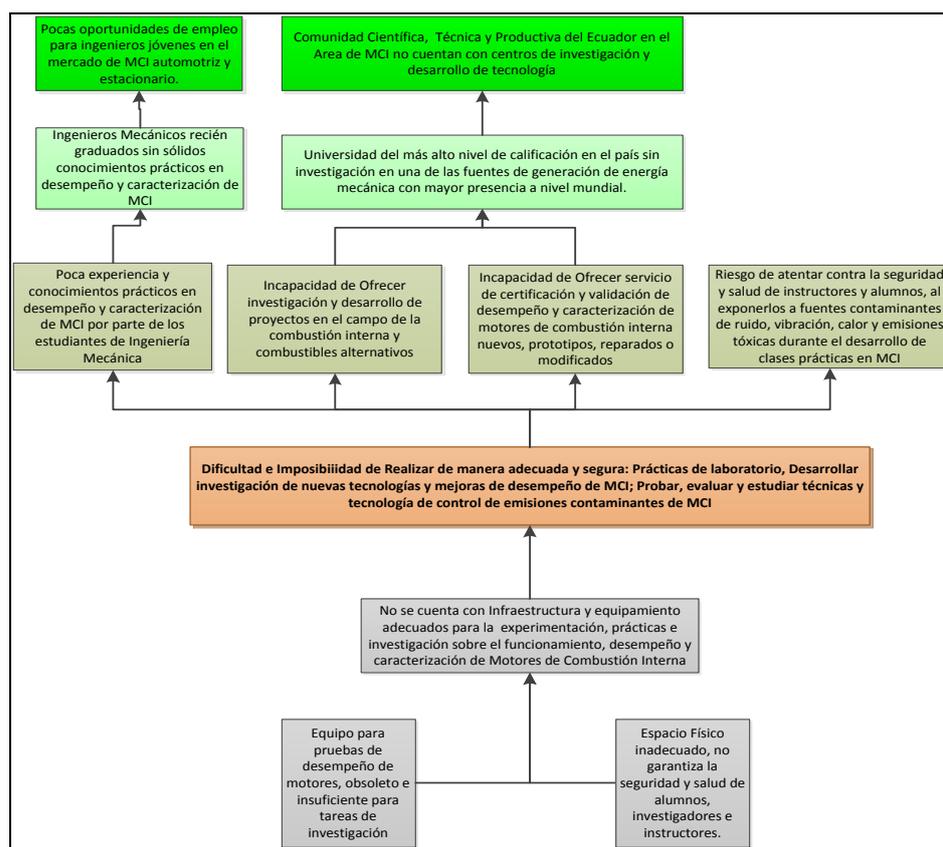


Figura 2.1. Árbol de problemas

2.2.2 Diagrama de Objetivos.

El siguiente paso será colocar la situación problemática en un horizonte positivo, transformando al árbol de problemas en otro de objetivos (figura 2.2), que nos indicará la meta, propósito y resultados que se alcanzarán si se revierte la situación problemática.

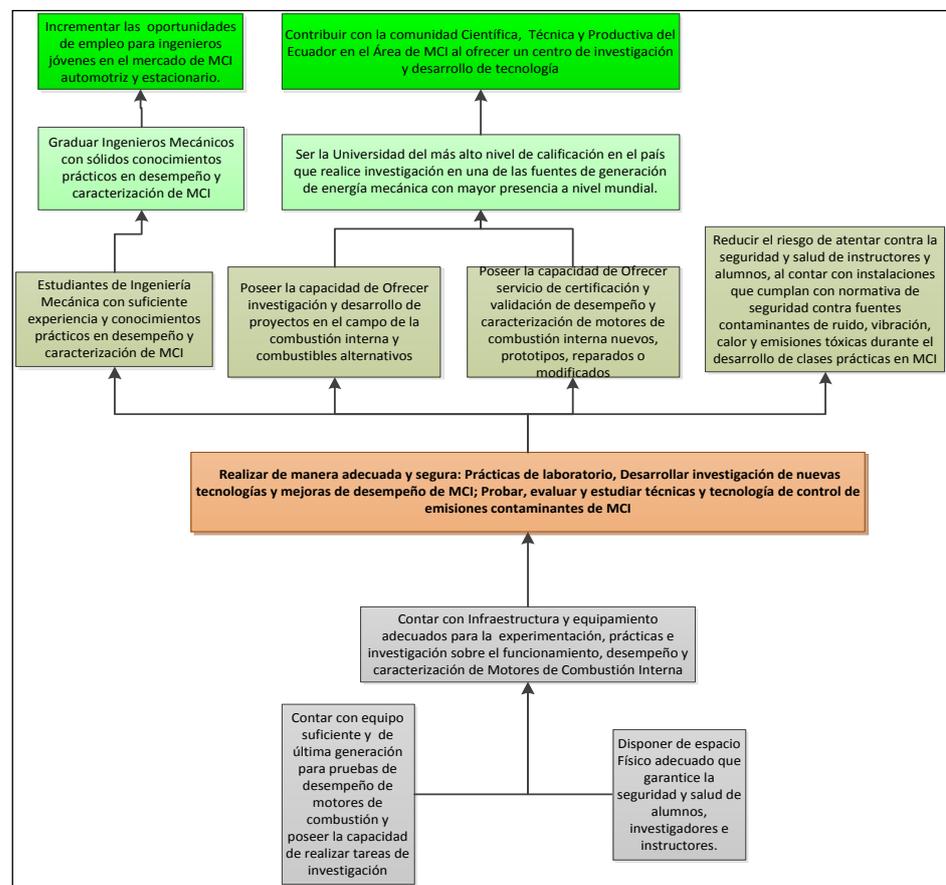


Figura 2.2. Árbol de Objetivos

2.3 Resultados del Análisis de Problemas.

Como se puede observar, las raíces o causas primarias del problema se dan por la falta de infraestructura y equipamiento adecuados para la experimentación, prácticas e investigación sobre el funcionamiento, desempeño y caracterización de MCI en la ESPOL; esta situación podría ser revertida si mediante la ejecución del proyecto se puede contar con espacio físico, equipamiento, personal y procesos adecuados que brinden las facilidades para la experimentación e investigación.

Del análisis gráfico y metodológico realizado se pueden identificar de manera muy clara el propósito, meta y productos deseados para el proyecto, pues todos estos se derivan del análisis de los diagramas de problemas y objetivos.

A continuación se realizará la definición de meta, propósito y productos deseados para la formulación del proyecto:

2.3.1 Propósito del Proyecto.

La situación futura, positiva y deseada una vez que se ejecute y desarrolle el proyecto será:

“Poseer la capacidad de realizar de manera adecuada y segura: Prácticas de laboratorio, Desarrollar investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI; realizar pruebas, evaluaciones y estudios técnicos y de tecnología del control de emisiones contaminantes en MCI”.

2.3.2 Meta del Proyecto

La meta tiene que ser entendida como un objetivo de orden superior al propósito del proyecto, es decir será un efecto del más alto nivel, con el que se puede contribuir si el proyecto es ejecutado y desarrollado de manera efectiva.

La meta del proyecto es:

“Contribuir con la comunidad científica, técnica y con el sector productivo del Ecuador en el área de MCI, al ofrecer un centro de investigación y desarrollo de tecnología, así como también entregar profesionales en la rama de la Ingeniería Mecánica con conocimientos teórico-prácticos de combustión interna suficientes para su inclusión inmediata en el campo laboral y de la investigación”.

2.3.3 Productos Deseados.

De la misma manera como se determinaron los objetivos y metas a partir del análisis de árbol de objetivos, los productos deseados luego de ejecutar el proyecto que sean concordantes con la metodología aplicada y que contribuyan con alcanzar el objetivo y meta son:

- a) Disponer de un espacio físico e infraestructura adecuada para la realización de tareas y trabajos de laboratorio con MCI, que garantice la seguridad y salud de alumnos, investigadores e instructores.
- b) Contar con equipo suficiente y de última generación para pruebas de desempeño, caracterización, construcción de curvas, diagnóstico del estado operativo, pruebas de desempeño con la utilización de combustibles alternativos de MCI y poseer la capacidad de realizar tareas de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones en la mejora del desempeño y combustión.
- c) Incrementar el nivel de conocimiento teórico-práctico en el funcionamiento, desempeño y diagnóstico de MCI de los alumnos e investigadores de la Facultad de Ingeniería en Mecánica de la ESPOL.

- d) Incrementar el interés por la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, la reducción del impacto ambiental y aplicaciones en la mejora del desempeño y combustión en MCI, por parte de la ESPOC y comunidad científica y técnica del país.

2.4 Identificación de Principales Involucrados.

Una vez que se ha definido el propósito del proyecto, así como también las metas y productos deseados, resultado del análisis metodológico realizado y continuando con la formulación del proyecto, se procederá a identificar a todos los involucrados que sean afectados positiva o negativamente antes y durante la ejecución del mismo.

Esta parte de la metodología, busca definir el ámbito de aplicación y los beneficiarios directos e indirectos del proyecto en función de las expectativas, intereses y recursos de los involucrados y las prioridades institucionales del esponsor del proyecto, parte importante de la metodología será la realización de un análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), que facilitará la toma de decisiones en relación a los productos que se

desean obtener y facilitará a que se defina, más adelante, el alcance del proyecto.

Para efectos de facilitar la identificación y análisis se ha decidido dividir a los posibles beneficiarios e involucrados en dos grandes grupos que son: clientes internos y clientes externos, los dos grupos se beneficiarían del banco de pruebas en el supuesto caso que se ejecute su construcción e implementación.

2.4.1 Clientes Internos.

La Escuela Superior Politécnica del Litoral con su Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, su Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales y su Centro de Estudios del Medio Ambiente, serían los principales interesados internos en contar con este centro de pruebas, caracterización y análisis de emisiones para MCI, al constituirse este en un laboratorio para los estudiantes de Ingeniería Mecánica, en donde se podría comprender y demostrar el desempeño de un motor, la confección de curvas de desempeño, consumo de combustible, torque y potencia máximos.

La experiencia y conocimiento adquiridos en este campo por parte de los estudiantes de la ESPOL le dará un valor agregado al profesional

de la rama de Ingeniería Mecánica especialmente, en el conocimiento más profundo de MCI, sus aplicaciones, desempeño e impacto ambiental; en el campo automotriz y estacionario, ramas de la mecánica que no han sido explotadas en su totalidad por parte de los ingenieros mecánicos de esta universidad.

En el caso de estudiantes del Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales y los investigadores del Centro de Estudios del Medio Ambiente, su principal interés sería el de contar con un centro de aprendizaje y experimentación de los procesos químicos de combustión de hidrocarburos, combustibles alternativos y biocombustibles en MCI y la medición de sus principales productos y emisiones contaminantes y a futuro estudiar e investigar la mitigación de las emisiones en este tipo de motores.

Adicionalmente, este sería el generador de futuros proyectos sobre el tema de reducción de emisiones y afectación al medio ambiente por parte de los combustibles fósiles utilizados y pruebas de utilización de combustibles alternativos o biocombustibles en los MCI.

2.4.2 Clientes Externos.

En cuanto a los intereses de instituciones externas a la ESPOL, han sido identificados tres grupos que son:

2.4.2.1. Otras Instituciones Educativas.

Existe actualmente en varias universidades del país, especialmente en instituciones privadas, la formación de profesionales en la rama de la Ingeniería Mecánica Automotriz.

En la ciudad de Guayaquil, existe una universidad privada (Universidad Internacional del Ecuador) que desde el año 2008, ofrece esta carrera netamente técnica, sin embargo, a pesar de ser un ente educativo privado no cuenta con un banco de pruebas de MCI; el mismo que constituye una herramienta muy importante en la formación de los profesionales técnicos en la rama automotriz, en el área de reparación, mantenimiento e incluso modificación o reconstrucción de MCI en donde se pueda verificar el desempeño de motores recién reparados, modificados o reconstruidos, ya sea con fines educativos, comerciales e incluso deportivos como es el caso de preparación de motores de alto desempeño para competencia.

Por lo expuesto, el contar con un banco de pruebas para MCI generará el interés de las universidades privadas y públicas que

podrían abrir las puertas a convenios interinstitucionales en temas de investigación, transferencia de conocimientos y desarrollo de nuevos proyectos.

2.4.2.2. Empresas de la industria automotriz, talleres de reparación, reconstrucción y modificación de MCI.

El interés de estas entidades estriba en contar con un centro de pruebas que certifique la buena calidad o no de sus servicios de mantenimiento y reparación, así como también en donde se pueda realizar un diagnóstico de la condición operativa de los motores de vehículos de sus clientes antes de realizar trabajos de mantenimiento y/o reparaciones mayores.

En el caso de la industria automotriz, si bien es cierto que en el Ecuador no se realiza, el diseño y la construcción de MCI, sin embargo este proyecto puede constituirse en la semilla que generará a futuro investigación y desarrollo de la industria nacional en este tipo de tecnología por parte de los constructores de motores que buscarían el apoyo de la ESPOL y la utilización de su infraestructura.

Actualmente existen así mismo, empresas transnacionales, interesadas en realizar pruebas de aplicaciones e innovaciones

tecnológicas de aditivos, combustibles alternativos, modificaciones mecánicas y químicas de la combustión y su impacto en el desempeño de motores de combustión interna, que puedan ser avaladas por una universidad con calificación “A” dentro del territorio ecuatoriano, previo a su incursión en el mercado nacional, esto solo podría ser realizado si se cuenta con la infraestructura y equipamiento adecuados.

De esta manera se puede identificar el interés de la empresa privada en contar con los servicios de un centro como el que se pretende implementar o abriría el camino para que estudiantes e investigadores de la ESPOL puedan replicar este proyecto en la empresa privada.

2.4.2.3. Entidades públicas y privadas de protección del medio ambiente.

Existen varias entidades del gobierno central y regional, así como también empresas privadas que se dedican a la protección del Medio Ambiente, entre los que se puede nombrar a la Dirección del Medio Ambiente del Municipio de Guayaquil, cuya misión es:

Evitar la degradación del medio ambiente y contribuir a la recuperación de lo deteriorado mediante la planificación y coordinación de la ejecución de acciones ambientales, asegurando el cumplimiento de las normativas pertinentes, y el liderazgo e integración de otros esfuerzos que en materia ambiental realicen las diferentes instituciones, organizaciones, empresas públicas y privadas, para contribuir de esta forma al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del cantón Guayaquil y a la conservación de la biodiversidad (17).

El interés de este tipo de organizaciones, en especial del Municipio de Guayaquil, podría manifestarse en solicitar a la ESPOL los correspondientes estudios que certifiquen el adecuado desempeño y caracterización de operación y nivel de emisiones de diversos tipos de motores de combustión interna empleados en los sectores de la industria e inclusive del parque automotor de la ciudad, previo la emisión de licencias ambientales o permisos de funcionamiento municipales.

Así mismo es importante anotar que la tendencia actual a nivel universal es remplazar la utilización de derivados del petróleo por combustibles de origen vegetal o alternativos y de existir investigaciones en este campo, la infraestructura de un banco de pruebas será necesaria para los estudios y análisis de campo en el desempeño de MCI que utilicen este tipo de combustibles y la variación con respecto a los hidrocarburos tradicionales.

Siendo así, este proyecto generaría futuros proyectos interinstitucionales que fortalecerían la imagen de la ESPOL a nivel local, regional y nacional.

Como se puede observar, existen involucrados que deben ser considerados por sus intereses y expectativas, en las fases de planificación y posible ejecución de este proyecto.

2.5 Análisis de Involucrados.

Una vez que se han identificado a los involucrados internos y externos, que se verían afectados positiva o negativamente con la ejecución del proyecto, se procederá a realizar de manera breve un análisis FODA; para el efecto se van a considerar los intereses o expectativas, recursos, mandatos y problemas de los involucrados, lo que se resume en la Matriz que se presentará más adelante.

Debilidades.

La debilidad más importante de la ESPOL, fue identificada al inicio de este capítulo, y se resume como la situación problemática siguiente:

“Dificultad para realizar de manera adecuada y segura: prácticas de laboratorio, desarrollo de investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI, así como también probar, evaluar y estudiar técnicas, y tecnología de control de emisiones contaminantes”.

Fortalezas.

Se ha podido identificar varias fortalezas dentro del análisis de involucrados, en donde lo más importante es indicar que se cuenta con talento humano de alto nivel académico como son profesores, investigadores y alumnos de la FIMCP, ICQA y CEMA; los mismos que pueden aportar con conocimientos e iniciativa de investigación; así mismo, existen comunes intereses por mejorar la educación y desarrollar investigación en el campo de la combustión interna y el impacto al medio ambiente.

Oportunidades.

Considerando el ambiente y los involucrados externos como son las entidades gubernamentales locales y regionales, así como también las instituciones educativas y empresas privadas afines a la combustión interna; se puede mencionar que el gobierno del Estado ecuatoriano ha emitido políticas y el marco legal que busca la

excelencia educativa por un lado y por otro que se siga un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado; si se considera lo importante que es poseer estas dos herramientas para promover la investigación científica e innovación tecnológica, se podrá visualizar que es necesario que se mejoren las capacidades y potencialidades de la población estudiantil y se incremente la conciencia medioambiental, necesarias para contribuir con el desarrollo económico y social del Estado, es decir existe la oportunidad de que este proyecto reciba los recursos necesarios para ser ejecutado y sustentado en lo posterior, con posibilidades de crecimiento.

En el caso de las instituciones educativas y empresas privadas, existe el potencial interés por contar con centros de estudios e investigación que los beneficiarán en los aspectos educativos y mejoras en la calidad de servicios y/o desarrollo de nuevos productos relacionados con los MCI; las oportunidades visibles para el proyecto son las de brindar los servicios de un centro de investigación y recibir a cambio recursos de capital, que pueden contribuir con su ejecución y sostenimiento.

Amenazas.

No existen datos de la existencia de infraestructura adecuada para la investigación y experimentación en MCI, en la plaza de Guayaquil, salvo el caso que ya fue mencionado, de la existencia de un banco de pruebas para motores marinos que pertenece a la Armada del Ecuador; sin embargo por el tipo de MCI para el que está diseñado el mencionado sitio y debido a la muy baja frecuencia de empleo que se le da por ser de uso exclusivo para los motores de sus unidades navales luego de ser sometidas a una reparación mayor, se considera que no constituye una ventaja competitiva a la ejecución del proyecto dentro de la ESPOL, por tanto no existen amenazas visibles que afecten a la ejecución y puesta en marcha del proyecto.

No obstante, en lo que tiene que ver con el financiamiento necesario para ejecutar el proyecto, en vista que se trata de una inversión de fondos públicos y ante la situación actual que vive el Estado, por recortes presupuestarios a las partidas de inversión debido a la caída del precio del petróleo a nivel mundial desde finales del año 2014, existe la amenaza de que no se cuente con los fondos suficientes para su ejecución a corto plazo.

A continuación se presenta, en la Tabla 1, una matriz FODA que resume las fortalezas y debilidades observadas en el ámbito interno y las oportunidades y amenazas que corresponden al ambiente externo de la institución.

TABLA 1
MATRIZ FODA.

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
INVOLUCRADOS INTERNOS	Talento humano de alto nivel académico	Dificultad e imposibilidad de realizar de manera adecuada y segura: Prácticas de laboratorio, desarrollo de investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI
	Conocimiento e iniciativa de investigación	
	Interés por mejorar la educación y desarrollar investigación	
	OPORTUNIDADES	AMENAZAS
INVOLUCRADOS EXTERNOS	Políticas de Estado y marco legal para excelencia educativa	No contar con fondos públicos suficientes para su ejecución, por recorte presupuestario de Inversión por parte del Estado
	Contribuir con el desarrollo económico y social del país	
	Interés por contar con centros de estudios e investigación	

Elaborado por: Mario Torres y Juan Espinoza

Líneas de Acción, Limitaciones y Riesgos.

Una vez que se han identificado las Fortalezas y Oportunidades, se considera que la línea de acción más acertada es encaminarse hacia el incentivo de la investigación y la mejora en el nivel académico de los alumnos de la ESPOL, la forma de contribuir a esto sería mediante la formulación de este proyecto que potencialice los recursos con que se cuentan y que esté alineado con las políticas del Estado y los Objetivos Nacionales para el Buen Vivir.

Considerando las debilidades y amenazas, es pertinente mencionar que ante el riesgo que existe de no contar con suficiente financiamiento para la ejecución de un proyecto que satisfaga los intereses y expectativas de clientes internos y externos, se debería limitar la formulación del proyecto a una primera fase en la cual se solucione la situación problemática, enfocándose en los clientes internos únicamente, dejando para un futuro mediano la ampliación del proyecto hacia los clientes externos.

2.5.1 Matriz de involucrados.

Tal como fue explicado en el numeral anterior, el principal insumo que se utilizó para el análisis FODA, fueron los intereses, expectativas, mandatos y problemas de los involucrados en el

proyecto, el mismo que se presenta en el Apéndice A “Matriz de Involucrados”, mencionado cuadro permite visualizar lo expuesto.

A continuación se presentarán los resultados del análisis de involucrados.

2.6 Resultados del Análisis de Involucrados.

Los resultados del análisis de involucrados y FODA realizados se resumen en la determinación de los beneficiarios directos del Proyecto y el ámbito de aplicación que se presenta a continuación.

Beneficiarios directos del proyecto.

El proyecto tendrá como beneficiarios directos a los estudiantes, profesores e investigadores de la FIMCP, investigadores del CEMA e ICQA.

Ámbito de aplicación.

El proyecto se enfocará en la mejora de los niveles; académico e investigativo de los estudiantes, profesores e investigadores de la ESPOL, en el área de MCI de uso vehicular y estacionario de tamaño menor y medio; con miras a incrementar en el futuro su capacidad de brindar servicio a clientes externos, para lo cual se deberá pensar en

una implementación modular que brinde oportunidades de crecimiento posterior.

2.7 Alternativas de Solución Propuestas.

Una vez establecido el propósito, metas y resultados que se esperan de la ejecución del proyecto, así como también sus beneficiarios directos y el ámbito de aplicación, es pertinente indicar que en el mercado local y nacional no existe el desarrollo tecnológico para la producción de equipamiento de diagnóstico y caracterización del funcionamiento y desempeño de los MCI; por lo que se requiere realizar un estudio de mercado a nivel internacional, para identificar los posibles proveedores de este tipo de máquinas, instrumentos y sistemas.

En este contexto y producto de la investigación del equipamiento disponible en mercados internacionales, así como de la experiencia en la ejecución del proyecto de modernización del banco de pruebas para motores MTU de la Armada del Ecuador; se proponen las siguientes alternativas de solución:

Alternativa No. 1

Dimensionamiento preliminar del espacio físico y los requerimientos de obras civiles adecuadas y seguras, selección, adquisición e instalación de equipos, instrumentos y sistemas para la caracterización y pruebas de desempeño de MCI, con un alto grado de automatización y exactitud; lo que contribuirá, de manera sustancial al desarrollo de investigación en el campo del diseño, mantenimiento, reconstrucción, mejora y/o construcción de MCI.

Alternativa No. 2

Selección, adquisición e instalación de equipos portátiles para la caracterización y pruebas de desempeño de MCI, que reemplacen al freno existente; con el objetivo de realizar prácticas de laboratorio para los estudiantes de la ESPOL.

2.8 Análisis de Alternativas y Mejor Solución Propuesta.

El análisis de las alternativas, será realizado en función de los beneficiarios directos y el ámbito de aplicación del proyecto, definidos previamente, así como de los recursos requeridos para su implementación; para el efecto se empleará la metodología de las pruebas de Adecuabilidad, Factibilidad y Aceptabilidad (AFA), que permitirán seleccionar la mejor alternativa de solución.

En relación a la primera alternativa, esta implica un mayor nivel de complejidad en el tipo de equipos, instrumentos y sistemas requeridos para la implementación del banco de pruebas y de la infraestructura necesaria; así como del correspondiente asesoramiento e instrucción del personal de mantenimiento y operación del mismo, debido a que en el país no existen instalaciones de este tipo para el estudio e investigación dentro de este campo.

Evaluando esta alternativa, es posible indicar que esta solución es “adecuada” ya que cumple con el propósito, meta y productos deseados de manera satisfactoria; es “factible” ya que se dispondrían de los recursos financieros y las capacidades del talento humano necesarios para su implementación, más aun cuando la política gubernamental apoya los proyectos dentro del campo de la investigación, ciencia y tecnología; y finalmente es “aceptable” ya que, a más de mejorar la calidad educativa de los estudiantes de la ESPOL, también constituye una fuente de investigación e innovación en el campo del diseño, mantenimiento, reconstrucción, mejora y/o construcción de MCI y del control de emisiones contaminantes del medio ambiente.

En cuanto a la segunda alternativa, esta solución implicaría una menor complejidad en la selección, adquisición e instalación del equipamiento, instrumentos y sistemas necesarios para la implementación del banco de pruebas, no siendo necesaria construcción de nueva infraestructura, sino tan solo la adecuación de las instalaciones existentes.

En este sentido es posible inferir que esta solución sería: parcialmente “adecuada” ya que, no cumple de manera total con el propósito, y meta deseados, limitando el desarrollo de la investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI; es “factible” ya que se dispondrían de los recursos financieros y las capacidades del talento humano; y finalmente es “no aceptable” ya que no satisface los resultados esperados dentro de la formulación del proyecto en cuanto a infraestructura adecuada y segura.

Mejor Solución Propuesta.

En consideración a lo indicado anteriormente y en función del propósito, metas, productos deseados, beneficiarios directos y ámbito de aplicación; la solución propuesta que es adecuada, factible y aceptable es la siguiente:

“Dimensionamiento preliminar del espacio físico, requerimientos de obras civiles adecuadas y seguras, selección, adquisición e instalación de equipos, instrumentos y sistemas para la caracterización y pruebas de desempeño de MCI, con un alto grado de automatización y exactitud; lo que contribuirá, de manera sustancial al desarrollo de investigación en el campo del diseño, mantenimiento, reconstrucción, mejora y/o construcción de MCI”.

2.9 Definición del alcance del proyecto.

De acuerdo a la metodología utilizada y como consecuencia de lo analizado se define al alcance del proyecto como sigue:

“Formulación de un proyecto para el dimensionamiento preliminar del espacio físico, requerimientos de obras civiles adecuadas y seguras, selección, instalación e integración de equipos, instrumentos y sistemas auxiliares de un banco de pruebas de MCI, para la FIMCP; el que servirá para obtener las mediciones de los parámetros más importantes (Torque, Potencia, Temperatura, Presión, Emisiones Contaminantes, Consumo de Combustible), de motores de aplicación automotriz y estacionaria de hasta 1400 kW, a diesel, gasolina, GLP o biocombustible, que ofrezca servicios de laboratorio e

investigación a los alumnos, profesores e investigadores de la FIMCP, ICQA y CEMA, con proyección de crecimiento a futuro para brindar estos servicios a empresas privadas del sector automotriz, industrias afines y entidades públicas”.

Matriz de “Marco Lógico”.

Una vez finalizado el proceso metodológico empleado, en el Apéndice B “Matriz de Marco Lógico” se presenta la síntesis de la formulación del proyecto que incluye: meta, objetivos, productos y actividades necesarias para su ejecución, así como también indicadores, medios de verificación y supuestos que servirán para su monitoreo y control.

CAPÍTULO 3

3. SELECCIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS Y SISTEMAS, PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA PARA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

Para la selección técnica de equipos y sistemas se tomaron en cuenta los requerimientos básicos de cada uno de los componentes del banco de pruebas en función del tipo de MCI que se deseen probar; conforme el alcance de este proyecto, el dimensionamiento del área física requerida y los cálculos realizados para dimensionar los circuitos hidráulicos, cantidades de agentes extintores, etc.

3.1 Selección de equipos y sistemas.

3.1.1 Cimentación.

La cimentación para máquinas vibrantes debe ser adecuadamente diseñada; se debe considerar normas de ingeniería civil para la construcción, pues esta deberá absorber las vibraciones producidas

por el funcionamiento propio de los motores que sean apoyados sobre la bancada.

La estructura de la cimentación no puede ser diseñada estáticamente, sino que se deben considerar muchos aspectos dinámicos que afectarán a la cimentación tales como la frecuencia de giro del motor, momentos, masa, etc.

Entre las consideraciones que se deben tomar para una adecuada cimentación está el analizar la compactación del suelo, la frecuencia natural de la estructura, que no deberá amplificarse o entrar en resonancia con las frecuencias de funcionamiento de los motores y el material a usarse que normalmente es hormigón armado.

Todas las demás consideraciones de diseño para la cimentación deberán ser certificadas por un profesional de la ingeniería civil, especializado en cimentaciones y siguiendo las recomendaciones e información suministrada por el fabricante del freno dinamométrico.

El diseño de la cimentación será función, principalmente, de las cargas estáticas y de las cargas dinámicas propias de la frecuencia natural y la amplitud de vibración del sistema máquina-cimentación-

suelo. Así mismo, se deberá buscar un equilibrio entre el uso de aisladores de vibración (de ser necesario) y la fijación de la máquina a la cimentación a fin de evitar resonancia.

La masa de los motores que se estima sean apoyados en la bancada es de hasta 500 kg (15); valor que corresponde al peso de un motor típico de 1400 kW de potencia.

Es importante mencionar además que el 95% de los motores de uso automotriz registrados en la provincia del Guayas son motores a gasolina y solo un 5% corresponden a motores diesel; en el caso de los motores estacionarios, el 98% son motores diesel y el 2% a gasolina (de acuerdo a información extraída de la página web del INEC).

Así mismo es conocido que los motores diesel trabajan a más bajas revoluciones (840 a 6500 rpm) que los motores a gasolina, que en ciertos casos podrían llegar a las 10,000 rpm.

De lo anteriormente mencionado se puede inferir que el rango de frecuencias de trabajo de estos motores estaría entre las 300 y 10,000 RPM, o lo que es lo mismo, entre los 14 y 166.67 Hz.

Por lo tanto, lo deseable será entonces que la frecuencia natural de la cimentación se encuentre fuera de este rango (sobre los 167 Hz o bajo los 14 Hz) para que no existan problemas de resonancia que pueden causar vibraciones excesivas, las mismas que podrían destruir las estructuras.

La frecuencia natural de un cuerpo o estructura está relacionada con su masa, coeficiente de elasticidad, área de sección transversal y sus dimensiones de acuerdo a las ecuaciones (3.1) y (3.2):

$$f_n = \sqrt{k/m} \quad (3.1)$$

Donde:

f_n = frecuencia natural

k = coeficiente de elasticidad

m = masa

$$k = A \cdot E / L \quad (3.2)$$

Donde:

A = Área de la sección transversal de la estructura

E = módulo de elasticidad del material

L = Longitud de la estructura

Para el hormigón $E = 3 \times 10^9$ kgf/m².

Tomando como referencia el tamaño del dinamómetro, la bancada y motores de combustión interna que serían utilizados en este banco de pruebas, se estima una superficie rectangular de 1.5 m X 2.7 m, sobre la cual sería instalado este equipamiento.

Si se considera que por norma constructiva ACI351.3R-28 (30), la profundidad de la cimentación más adecuada para este tipo de instalación debe ser al menos 1/5 del largo, se estima que la misma sería de 0.5 metros, entonces se obtiene un volumen $V = 2,025 \text{ m}^3$

Utilizando la densidad del concreto ($2,400 \text{ kg/m}^3$), se puede calcular la masa de la cimentación que sería:

$$m = 4,860 \text{ Kg}$$

A esto se deberá incrementar la masa del motor estimado en 500 kg, la masa del freno dinamométrico estimado en 800 kg, y la masa de la bancada en 400 kg, lo que resulta en una masa combinada total de 6,560 kg.

En base a los datos obtenidos, es posible calcular la frecuencia natural de la cimentación:

$$A = 2.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$k = A \cdot E / L$$

$$k = 1 \text{ m}^2 \times 29.43 \times 10^9 \text{ N/m}^2 / 2.7 \text{ m}$$

$$k = 10.9 \times 10^9 \text{ N/m}$$

$$fn = \sqrt{k/m}$$

$$fn = (10.9 \times 10^9 \text{ N/m} / (6,560 \text{ Kg}))^{1/2}$$

$$fn = 1,289 \text{ Hz}$$

Como se puede observar la frecuencia natural de la cimentación se encuentra fuera del rango estimado de frecuencias de trabajo de los motores de combustión interna que podrían utilizarse para las pruebas (5 Hz-167 Hz), y de acuerdo a lo que indica la norma IS2974 (Indian Standard Code of Practice for design and construction of Machine Foundation) la frecuencia natural de la cimentación debe ser al menos un 20 a 33% menor o mayor que la frecuencia de trabajo de la máquina (30), por lo tanto se aseguraría que no existirían problemas de resonancia entre las dos frecuencias.

Los datos anteriormente referidos, son importantes para el diseño de la obra civil, que deberán imperativamente iniciarse mediante un estudio de mecánica de suelos EMS, por parte de un laboratorio y un profesional de la ingeniería civil.

Bancada o pedestal.

Tal como se expresó en su descripción, este elemento del banco de pruebas es muy importante para la óptima realización de las pruebas, sin importar la marca o tipo de motor que vaya a ser probado.

Sin embargo, es muy importante destacar que la masa y las dimensiones de los diferentes tipos de motores que existen en el medio son un factor preponderante al momento de diseñar el pedestal adecuado.

Normalmente, los fabricantes de dinamómetros, ofrecen en conjunto todos los accesorios necesarios para montar el banco de pruebas, motivo por el cual, lo adecuado sería adquirir la base o pedestal recomendado por el fabricante del dinamómetro partiendo de la masa de los motores que se van a utilizar.

Datos para seleccionar el pedestal:

Masa de los motores:

Motores a Gasolina: De 60 a 430 kg

Motores Diesel: De 80 a 500 kg

Frecuencias de Trabajo:

Diesel y Gasolina: De 5 a 167 Hz

Dimensiones:

Largo: De 0.8 a 1.9 m

Ancho: De 0.6 a 1.2 m

Altura: De 0.6 a 1.4 m

Las dimensiones son aproximadas y se las tomó realizando mediciones a diferentes tipos de motores.

Los requerimientos básicos de la bancada obedecen a la necesidad de montar, desmontar y manipular el MCI.

La bancada está compuesta por un sistema de placa base, rieles longitudinales, rieles transversales y soportes que permiten montar el motor y alinearlos adecuadamente con el dinamómetro. Otra consideración de gran importancia es que esta estructura deberá tener la capacidad de absorber las vibraciones producidas por el sistema.

De manera esquemática, el sistema se comporta como un objeto de masa (m) que se encuentra oscilando en la dirección vertical, de conformidad con el siguiente diagrama, figura 3.1.

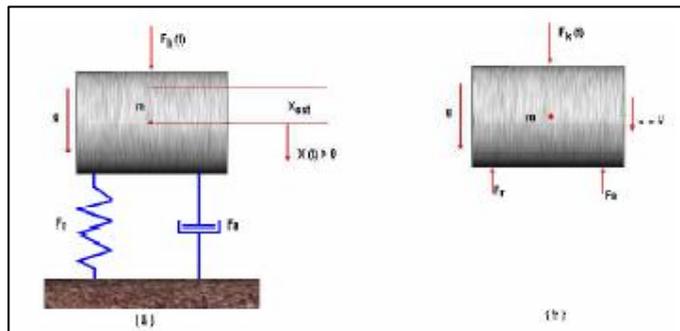


Figura 3.1. Sistema equivalente al anclaje del motor (28)

Dónde: m , representa la masa del sistema.

K , constante de rigidez del resorte.

c , constante de amortiguamiento.

$F_k(t)$, fuerza de inercia.

F_r y F_a , fuerza del resorte y de amortiguamiento.

x , desplazamiento en la dirección vertical.

X_{est} , deformación en la condición de equilibrio.

Del análisis de vibraciones se entiende que el fenómeno de resonancia se produce cuando a un cuerpo se le aplica una fuerza

periódica, cuya magnitud es lo más próxima posible a su frecuencia natural, por lo tanto, de ser así, se corre el riesgo de que se produzca la fractura del objeto debido a la vibración que se produce.

En el caso específico del sistema de fijación banco de pruebas-bancada, lo que se desea es minimizar las vibraciones producidas por el funcionamiento del motor de combustión interna, situación que si no se la controla adecuadamente, podría afectar las condiciones del montaje y funcionamiento adecuado.

El funcionamiento de un motor de combustión interna se lo modela como un sistema de seis grados de libertad, no obstante para el diseño de la bancada, los fabricantes lo consideran como un sistema de un grado de libertad con el objeto de eliminar la transmisión de la vibración al piso.

Es así que Plint, en su libro *Engine Testing Theory and practice*, en la que se muestra el comportamiento de diversos materiales usados como elemento amortiguador del sistema a diferentes frecuencias, establece que para un mismo valor "c" (constante de amortiguamiento), entre mayor transmisibilidad (relación: fuerza transmitida al piso/fuerza alternativa de inercia), entonces mayor será

la vibración, en consecuencia mientras menor sea la relación de frecuencias (w/w_0 , criterio del diseño del sistema), entonces se deberá escoger el material con un bajo coeficiente de amortiguamiento, esto se puede observar en la figura 3.2.

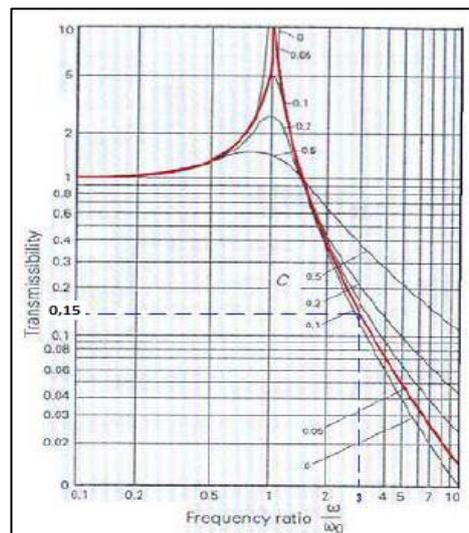


Figura 3.2. Relación entre transmisibilidad y frecuencia (28)

Basado en estas consideraciones, los fabricantes por lo general diseñan los sistemas de fijación (bancada) de tal manera que la velocidad mínima del motor (w) no debe ser menor a tres veces la frecuencia natural del sistema (w_0), lo cual, si se observa la figura 3.2, corresponde a una transmisibilidad de 0.15.

En otras palabras: $w \geq 3w_0$, entonces la relación $w/w_0 \geq 3$

Dónde: w , es la mínima velocidad del motor.

w_0 , es la frecuencia natural del sistema (material de la bancada).

Como se puede observar, la selección de la bancada se deberá hacer en función de la relación w/w_0 , motivo por el cual el problema se traduce al tipo de material que es empleado para el diseño del plato base, rieles y de los soportes adecuados para sostener el motor de una manera adecuada y segura.

En consideración a lo anteriormente indicado, se opta por el sistema placa base, rieles y soportes del tipo presentado por la empresa HORIBA, figura 3.3, cuyas especificaciones se amplían en el Apéndice C “Especificaciones técnicas de equipos y sistemas”.

Para este caso se considera que la velocidad de rotación mínima de un MCI (w) será de 840 rpm (14 Hz), y el valor de w_0 (indicado en las especificaciones) es de 3 Hz; por lo tanto se obtiene una relación $w/w_0 = 4.7$ mayor que 3, lo que, finalmente garantiza un buen funcionamiento del sistema.

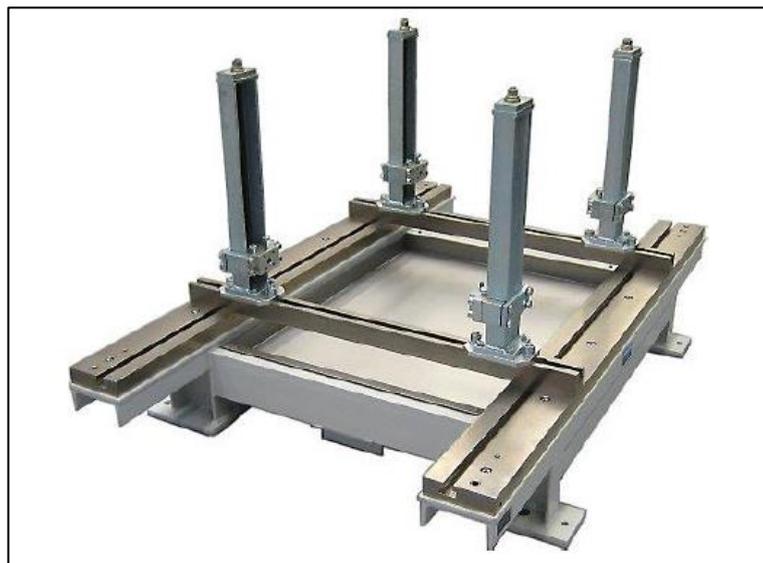


Figura 3.3. Plato base, rieles y soportes de la bancada (16)

En la Tabla 2, se presenta los datos técnicos tanto de la placa base como del soporte para el motor, es importante destacar que las dimensiones son estándar para el acoplamiento del motor, dinamómetro y otros componentes del banco y que sus características de soportar estas cargas son las adecuadas en función de los pesos anteriormente citados.

Tanto la placa base, rieles como los soportes están contruidos sobre un marco fuerte para el montaje del sistema, una combinación de perfiles horizontales y verticales permite una alta flexibilidad para adaptar soportes de motor en diferentes alturas y posiciones

permitiendo así una alineación fina del motor en relación con el dinamómetro por medio de tornillos.

TABLA 2.
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PLATO BASE,
RIELES Y SOPORTES (BANCADA)

No.	Descripción/Especificación	Cantidad
1	Plato base construido en acero.	1
2	Riel longitudinal de ranura T (acero) con protección superficial, atornillada en el plato base.	2
3	Riel lateral de ranura T (acero) con protección superficial atornillada en el plato base.	2
4	Soportes (ajustables en altura)	4
5	Dimensiones (largo) mm.	1617
6	Dimensiones (ancho) mm.	1110
7	Dimensiones (alto) mm.	900
8	Peso total (KG)	392
9	Color	Gris
10	Peso máximo de soporte (Kg)	500

Tomado de las especificaciones técnicas de HORIBA (16).

Polipasto.

Para la manipulación de pesos, tanto de los motores como del dinamómetro y otros que sean necesarios desplazar o izar, se requiere de la instalación de un sistema con la capacidad suficiente para montaje, desmontaje de los MCI.

La determinación de la capacidad necesaria del equipo será función del tipo de motores de mayor tamaño que se requiere probar, siendo este de aproximadamente 500 kg, peso que corresponde a un motor de combustión interna a diesel de las características que se prevé probar en la sala de ensayos. Para el cálculo se incorporará un factor de seguridad de 4 con el objeto de poder, eventualmente, manejar cargas mayores, por lo que el equipo a seleccionar será de 2,000 kg de capacidad.

Con el objetivo de manipular el peso de los motores con seguridad, rapidez y comodidad se selecciona un sistema, que incluye el montaje de un monorraíl y un polipasto de 2 toneladas de capacidad, el mismo que tendría la facilidad de movimiento y posicionamiento en las cuatro direcciones: adelante, atrás, ascenso y descenso; lo cual es posible lograr con un polipasto, cuyas especificaciones deberán ser similares a las mostradas en la figura 3.4.

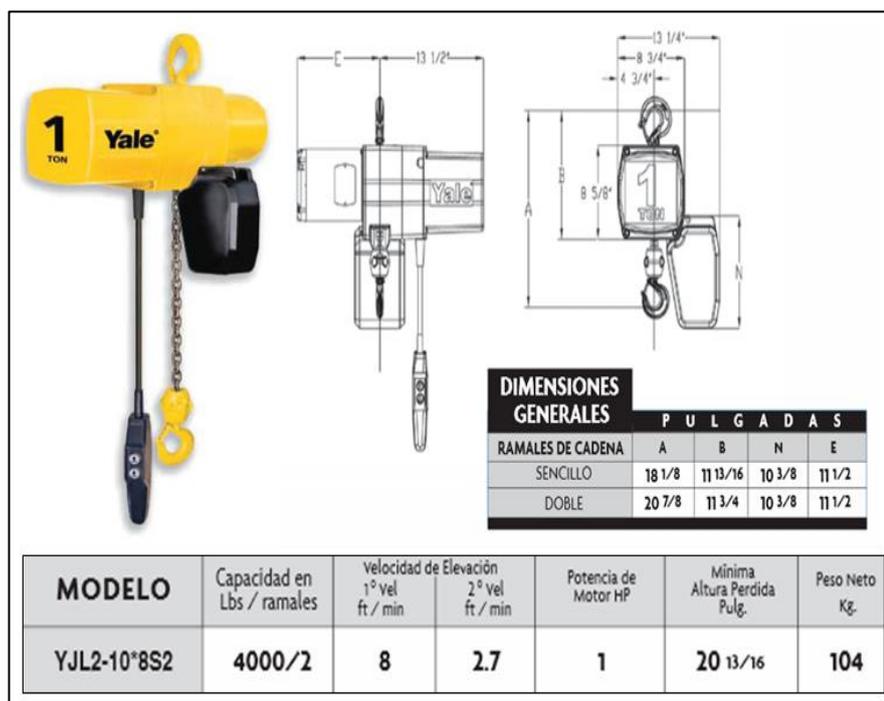


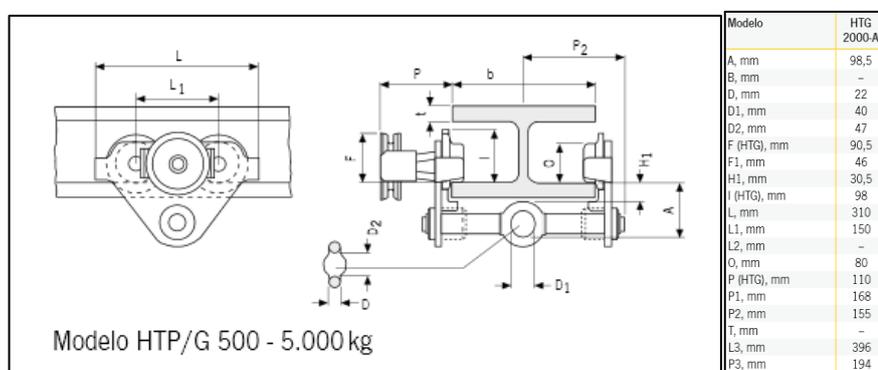
Figura 3.4 Polipasto modelo Yale YJL2-10*8S2 (35)

El sistema a ser montado incluye un monorraíl que será instalado en el centro sobre el banco de pruebas y anclado apropiadamente a la losa o sobre columnas de soporte. El raíl está conformado por una viga de perfil normalizado y un carro (trolley) capaz de soportar las cargas que levantará, así como medio de libre movimiento del polipasto, tal cual se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5. Conjunto viga-carro (35)

De conformidad con lo descrito anteriormente, a continuación se presentan las especificaciones del conjunto viga-carro adecuadas para soportar las cargas requeridas, figura 3.6.



Modelo	Núm. EAN 4025092*	Capacidad kg	Tamaño	Ancho ala de viga b mm	Espesor ala de viga t máx. mm	Radio min. curvatura m	Esfuerzo en cadena de mando a C.M.U. daN	Peso* kg	Peso* con freno kg
HTG 2000	*074735	2.000	A	66 - 220	25	1,15	7	18,0	26,0

Figura 3.6. Especificaciones del conjunto viga-carro HTG 2000 (35)

Freno dinamométrico.

Como fue descrito en el Capítulo 1, la función principal del dinamómetro es la de crear un par de frenado, resistente al par entregado por el motor de combustión interna que se encuentra montado para la prueba.

Las consideraciones esenciales que se tomarán en cuenta para la selección del dinamómetro que se ajuste a las necesidades del proyecto, son la potencia, velocidad y torque de los motores de combustión interna que se desean probar, tanto a diesel como a gasolina, cuyos parámetros de funcionamiento son los que se presentan en la Tabla 3.

TABLA 3

CARACTERÍSTICAS DE POTENCIA Y TORQUE DE MCI

No.	TIPO DE MOTOR	POTENCIA	RPM	TORQUE	TIPO DE APLICACIÓN
1	DIESEL	1400 kW	840-6500	330-4800 Nm.	PRINCIPALMENTE : TIPO ESTACIONARIOS
		1877 HP		@ 2000-3000 RPM	
2	GASOLINA	460 kW	1000-10000	100-500 Nm.	PRINCIPALMENTE : TIPO VEHICULAR
		617 HP		@ 3000-4500 RPM	

Elaborado por: Juan Espinoza Zambrano

De esta manera es posible comparar las especificaciones de potencia y torque de diseño de los motores a probar con las curvas típicas de cada freno; información útil para verificar que el dinamómetro entregará mediciones exactas por encontrarse dentro del rango de operación para el que ha sido diseñado. De acuerdo con lo establecido por Plint Michael y Marty(28), en la Tabla 4 se muestran los diversos tipos de dinamómetros y sus aplicaciones en función del tipo de motor de combustión interna que se requiera probar:

TABLA 4
TIPOS DE DINAMÓMETROS PARA DIFERENTES
APLICACIONES

DYNO/ENGINE	HASTA 500 KW	AUTOMOVIL 50-500 KW	MARINO- ESTACIONAR IO 500-5000 KW	MARINOS 5000- 50000 KW	TURBINAS A GAS
Hidráulico	A	A	A	A	A
Hidrostático	NA	B	NA	NA	NA
Eléctrico DC	A	A	A	NA	NA
Eléctrico AC	B	A	NA	NA	NA
Corriente de Eddy	A	A	NA	NA	B
Refrigerados por aire	B	NA	NA	NA	B
Híbridos	NA	B	NA	NA	NA

Donde : “A” significa una solución preferente, “B” una solución alterna y “NA” que no es aplicable.

Si se comparan las características de los motores de combustión interna que se desea probar en este proyecto, es evidente que estas se encuentran dentro de los rangos mostrados en las tres primeras columnas (esto es para motores vehiculares y estacionarios hasta los 5,000 kW de potencia), y que, por lo tanto, el tipo de dinamómetros que podrían ser utilizados preferentemente serían los de tipo hidráulico y eléctrico.

Una vez establecidos los tipos de freno que podrían ser empleados en el presente proyecto, es importante mencionar que los fabricantes de los dispositivos podrían ofrecerlos para una aplicación en particular o para cubrir los requerimientos en función del tipo de MCI (diesel o gasolina), que se desee probar en el banco.

En el caso específico de la investigación de mercado realizada, se pudo encontrar fabricantes que ofrecen frenos hidráulicos para motores diésel de relativas bajas revoluciones y alta potencia y frenos eléctricos para motores a gasolina de altas revoluciones y bajas potencias; la empresa HORIBA ATS presentó una propuesta

en la que utiliza un arreglo de dos dinamómetros conectados en serie (Tandem); tal propuesta fue analizada y se verificó que es concordante con el alcance del proyecto; permitiendo utilizarlo para el rango de motores diesel y gasolina que serán probados(16).

En este contexto, se elige un arreglo tándem con un dinamómetro hidráulico de 900 kW y un dinamómetro eléctrico AC de 460 kW, que permitirá probar básicamente; motores a diesel de hasta 1,360 kW/6,500 RPM y motores a gasolina de hasta 460 kW/10,000 RPM, esta última condición para cuando se desacople el tándem, es decir únicamente con el dinamómetro eléctrico AC.

Es importante manifestar además, que las características más importantes de esta combinación incluyen la baja inercia, alta velocidad y alto torque, permitiendo probar motores en estado estable y transitorio(16).

De esta manera y en función de lo anteriormente manifestado, se propone seleccionar los equipos de HORIBA ATS, cuyas especificaciones se presentan en el Apéndice C, siendo su configuración la que se presenta en la figura 3.7, en donde se requiere además, la implementación de un sistema de aire de

ventilación para la máquina asincrónica y gabinete del dinamómetro eléctrico de acuerdo con el siguiente detalle:

Flujo requerido: 5,850 m³/h

Temperatura: 5-40°C

HR_{max.} 85% @ 28 °C

Voltaje: 400 V AC / 60 Hz

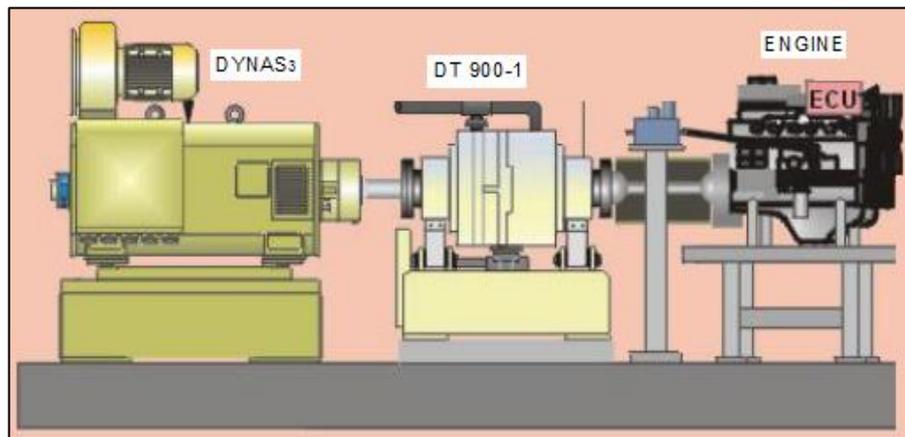


Figura 3.7. Dinamómetro TANDEM DYNAS₃+DT 900-1 (16)

Sistema de refrigeración del motor.

Con el objeto de mantener una adecuada temperatura del líquido refrigerante se requiere de un sistema de acondicionamiento de este fluido. El sistema, propuesto corresponde a HORIBA ATS, el mismo que permite una alta calidad de control, facilidad en su instalación sobre la pared debido a su diseño modular y un sistema de control

con funciones de seguridad. En la figura 3.8, se presenta el aspecto general de este sistema.



Figura 3.8. Módulo de refrigeración del motor WM 600 (16)

El sistema comprende la integración de 2 intercambiadores de calor (ACEITE-AGUA y REFRIGERANTE-AGUA), sensores de temperatura, válvula de control y bombas de aceite y refrigerante, entre otros; con el objeto de monitorear la temperatura de estos fluidos mediante un sistema de control digital.

Se deberá prever el suministro de agua y las correspondientes conexiones dentro de la obra civil.

El circuito requerido para este sistema integrado al motor de combustión interna es presentado en la figura 3.9.

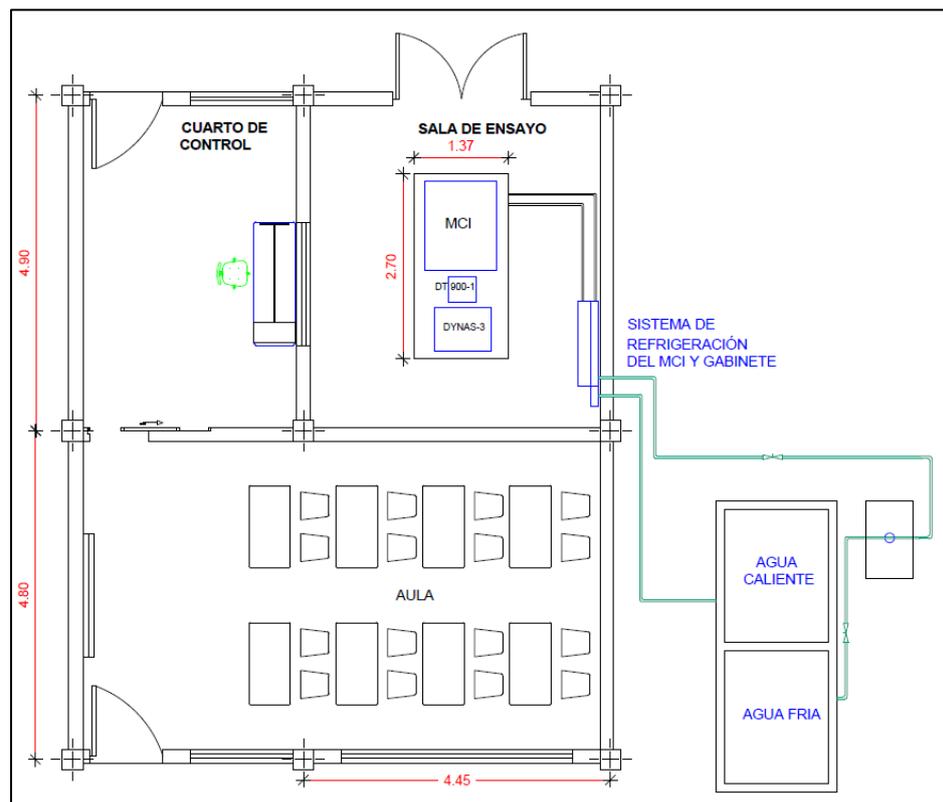


Figura 3.9. Diagrama de Circuito de Refrigeración del Motor

Este sistema es también integrado al sistema de control a través de una interfase CAN-bus, mediante el empleo de un juego de cables, los mismos que están incluidos en el equipo.

Se ha considerado pertinente seleccionar este sistema, ya que forma parte de la propuesta modular de Horiba ATS, junto con los frenos

dinamométricos que fueron seleccionados en el ítem anterior y evita el diseño o selección de un sistema de enfriamiento por convección con aire de tiro forzado.

En concordancia con las especificaciones requeridas por este sistema, Apéndice C, el cual necesita de un caudal de agua para su operación equivalente a $37.6 \text{ m}^3/\text{h}$ y una diferencia de temperaturas de este caudal entre la salida y entrada del equipo de 10°C ; más adelante se presentará el dimensionamiento del circuito hidráulico requerido para la implementación de este sistema, el mismo que deberá ser congruente con el dimensionamiento del sistema de refrigeración del dinamómetro.

Sistema analizador de gases de escape.

Se requiere de un sistema que realice mediciones de los contaminantes producto de la combustión de los hidrocarburos, que forme parte del banco de pruebas, ya que servirá para los trabajos de investigación y caracterización de los diferentes tipos de motores, así como también de varios combustibles utilizados; para efectos de selección del sistema se tomará como referencia las especificaciones técnicas que debe poseer un equipo de medición de gases de escape contenidos en la norma técnica INEN NTE 2 349:2003 (18),

emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización; cabe indicar que todo equipo que ingrese al país deberá por ley, cumplir con las normas técnicas ecuatorianas; a continuación en la Tabla 5, se presentan las especificaciones contenidas en la referida norma:

TABLA 5
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPO MEDIDOR DE GASES DE ESCAPE

5.1.1.10 Analizador de gases: Analizador de 4 gases, con capacidad de actualización a 5 gases mediante la habilitación del canal de NOx, con las siguientes características técnicas:

PARAMETRO	REQUERIMIENTO	
Características generales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la concentración en volumen de CO, CO ₂ , HC's y O ₂ , en los gases emitidos por el tubo de escape de vehículos equipados con motores ciclo Otto de 4 tiempos alimentados por gasolina, GLP o GNC. Cumplirán con lo indicado en la Recomendación Internacional OIML R 99 (clase 1)/ ISO 3930 y la NTE INEN 2 203, lo que será demostrado mediante certificación del fabricante.	
Especificaciones adicionales	Capacidad de medición y reporte automáticos de la velocidad de giro del motor en RPM, factor lambda (calculado mediante la fórmula de Bret Shneider) y temperatura de aceite. La captación de RPM no tendrá limitaciones respecto del sistema de encendido del motor, sea este convencional (ruptor y condensador), electrónico, DIS, EDIS, bobina independiente, descarga capacitiva u otro.	
Rangos de medición	Variable	Rango de medición
	Monóxido de carbono (CO)	0 - 10%
	Dióxido de carbono (CO ₂)	0 - 16%
	Oxígeno (O ₂)	0 - 21%
	Hidrocarburos no combustionados	0 - 5 000 ppm
	Velocidad de giro del motor	0 - 10 000 rpm
	Temperatura de aceite	0 - 150 °C
Factor lambda	0 - 2	
Condiciones ambientales de funcionamiento	Temperatura	5 - 40 °C
	Humedad relativa	0 - 90%
	Altitud	Hasta 3 000 msnm
	Presión	500 - 760 mm Hg
Ajuste	Automático, mediante una mezcla certificada de gases.	
Sistema de toma de muestra	La toma de muestra se realizará mediante una sonda flexible a ser insertada en la parte final del tubo de escape.	

Del estudio de mercado realizado, se han obtenido especificaciones técnicas de dos equipos analizadores de gases de escape, el primero de ellos pertenece a la empresa HORIBA ATS; y el segundo a la

empresa FEV Emission Systems, las especificaciones se presentan en las Tablas 6 y 7.

TABLA 6

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPO HORIBA MEXA ONE

Analyzers				
Model	Constituent(s)	Principle	Dynamic Range(s)	Type
AIA-11	CO(L)	NDIR	0-50-5,000ppm	Half 19 In
AIA-33	CO(H)/CO2	NDIR	CO(H) 0-0.5%-12% CO2 0-0.5%-20%	Half 19 In
MPA-01	O2	MPD	0-1 to 0-25 vol%	Half 19 In
AIA-32	CO2 EGR	NDIR	0-0.5 to 0-20 vol%	Half 19 In

TABLA 7

ESPECIFICACIONES EQUIPO FEV EMISSION RATE FEVER

FEV EmissionRate FEVER	
Emission Measurement System for Undiluted Exhaust Gas	
Technical Data	
Measurement of	CO, CO ₂ , THC, CH ₄ , NOX, NO, NO ₂ , O ₂ in undiluted exhaust gas emissions of gasoline and diesel engines
Analyzer	
CO	NDIR 0 ... 0.5; 0 ... 10 Vol %
CO ₂	NDIR 0 ... 1; 0 ... 16 Vol%
THC	FID wet 10; 100; 1,000; 10,000 ppm C3
CH ₄	FID cutter 10; 3000 ppm C1
NO/NOX	CLD 0 ... 10; 0 ... 10000 ppm
O ₂	PMD 0 ... 0.5; 0 ... 25 Vol %
Media Supply:	

Comparando las especificaciones técnicas de los dos equipos propuestos con las normas NTE 2 349:2003 INEN, se puede observar que los dos cumplen y servirían para realizar las mediciones en el banco de pruebas, sin embargo, por las facilidades adicionales de interface con el sistema de control de HORIBA, del cual ya se han seleccionado tanto el dinamómetro, como el sistema de refrigeración del motor, se puede indicar que la mejor opción es seleccionar el equipo MEXA ONE DI de HORIBA ATS (figura 3.10), para que se integre a un solo sistema del banco de pruebas.



Figura 3.10. Analizador de emisiones MEXA ONE DI (16)

Sistema de escape.

El sistema de escape tiene por objeto evacuar los gases de combustión de los MCI hacia el exterior del recinto. El sistema o circuito es similar al empleado por los motores cuando normalmente se encuentran en servicio, sin embargo se debe tener precaución cuando se trata de motores complejos cuyos sistemas son reglados por el fabricante.

El sistema debe prever recubrimientos para evitar quemaduras producto del excesivo calor que se produce en el múltiple de escape. De igual manera se debe tener especial cuidado en la instalación con la finalidad de evitar contrapresiones en el sistema, precautelando un correcto funcionamiento del motor durante la prueba, esto permitirá obtener una correcta medida de los parámetros de funcionamiento del motor para su evaluación final.

Se recomienda, además, que el sistema no sea instalado sobre el piso ya que podría ocasionar accidentes.

Existen dos tipos de sistemas aplicables para la evacuación de los gases de escape de la sala de ensayos, estos son de acople cerrado o de escape con ducto.

El sistema de escape de ducto cerrado consiste en acoplar una tubería flexible de acero inoxidable de gran diámetro al múltiple de escape del motor empleando a la vez una válvula de contrapresión de regulación de una vía. El sistema se acopla a un sistema de tuberías en el tumbado de la sala de ensayos y al exterior del recinto, conforme el diagrama de la figura 3.11.

En cuanto al sistema de escape más ducto, este consiste en que la tubería de escape se acopla en su parte final a un ducto con abertura de campana con la cual se extrae aire del interior del recinto, se debe tener la precaución de que el flujo (inducido por el ventilador) sea al menos dos veces el flujo máximo del escape y que la temperatura de la mezcla aire y gases alcance los 150 grados Celsius.

El sistema anteriormente indicado puede ser apreciado en el diagrama de la figura 3.12.

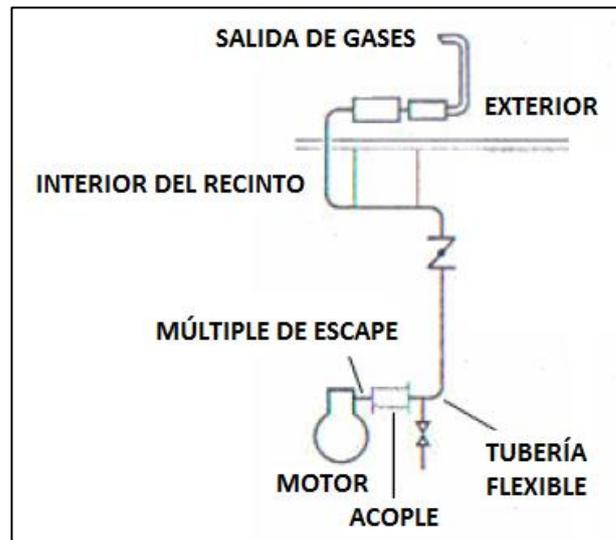


Figura 3.11. Sistema de ducto cerrado

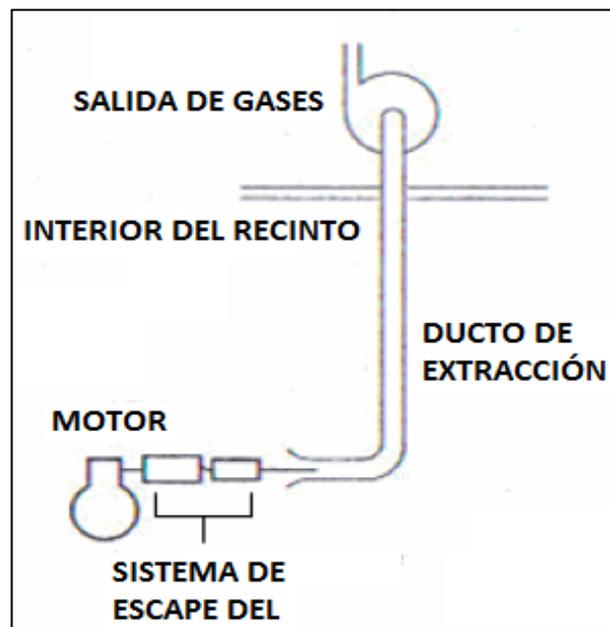


Figura 3.12. Sistema escape más ducto

En base a lo explicado anteriormente, en cuanto a los sistemas de extracción de los gases de combustión para la celda de ensayos, es posible inferir que cualquiera de los dos sistemas es óptimo en la evacuación de los mismos, no obstante el sistema “Ducto Cerrado” ofrece las mejores facilidades en cuanto al mantenimiento de un ambiente libre de contaminación y ruido dentro del banco de pruebas; factores importantes para el personal de estudiantes, profesores e investigadores que laborarán dentro del recinto, es importante mencionar que se requiere adquirir e instalar los ductos, silenciador de tamaño suficiente para trabajar con el motor más grande que se va a probar, válvula de contrapresión, soportes de fijación y los acoples flexibles necesarios para conectarse a los múltiples de escape de los diferentes motores.

Sistema de combustible.

El sistema de combustible requerido para la operación del banco de pruebas deberá facilitar el almacenamiento, entrega y medición de consumo de varios tipos de combustibles, principalmente gasolina, diesel, biodiesel, GLP y mezcla gasolina-etanol, por lo que se deberá prever la instalación correspondiente para el suministro de los mismos de una manera práctica que facilite controlar su consumo a

través de instrumentos de medición, así como también su conexión al motor que va a ser probado.

El circuito de combustible de alimentación para el banco de pruebas, será implementado como parte de la obra civil del recinto a ser construido, sin embargo se deberá prever las siguientes consideraciones:

- Se construirán tres circuitos independientes, que constarán de tanque de servicio, cañerías, válvulas, filtros primario y secundario, acoples para conexión al motor; los circuitos son: uno para suministro de diesel o biodiesel, otro para gasolina o gasolina-etanol y el tercero para GLP.
- Los tanques de consumo para GLP serán construidos bajo las normas INEN NTE 2 310:2000, las mismas que establecen los requisitos generales, para el circuito de GLP, entre los que se deben resaltar la construcción del tanque de acuerdo al código ASME para tanques horizontales, Sección VIII, y la norma NFPA 58, la capacidad del tanque de GLP será de 0.11 m³ lo que equivale a 60 Kg, este tipo de tanque se lo considera

semiestacionario y cumple la norma INEN para instalaciones de uso industrial.

- En relación a los tanques de consumo de gasolina y/o mezcla de gasolina con etanol y de diésel y/o biodiesel, estos deberán cumplir con lo que establecen la norma NTE INEN 2 251:2003, en lo relacionado a sus dimensiones; siendo así se ha considerado que cada tanque tenga una capacidad de almacenamiento de 1 m³, lo que equivale aproximadamente 300 galones, según la mencionada norma un tanque de dicha capacidad deberá poseer un diámetro máximo de 1 m, su altura será de 1.27 m. Los dos tanques serán ubicados en la parte exterior del edificio, montados sobre vigas de cemento a una altura de 2.5 m. sobre el suelo, lo que garantizará el abastecimiento por gravedad a los motores que se vayan a probar, los tanques estarán rodeados por un cubeto de contención de derrames de dimensiones L=4.5 m., A=2 m., y H= 0.35 m.; poseerán una tapa para llenado con válvula de paso rápido y acople para mangueras ubicado en la parte superior y en su pared cercano a la base una tapa emperrada con empaquetadura, que servirá para vaciado y limpieza.

- El dimensionamiento de los circuitos será función del dimensionamiento final del espacio físico de construcción donde se instalará el banco.
- En lo relacionado al material de la tubería de los circuitos de combustible (diésel, biodiesel, gasolina y gasolina-etanol), estos se fabricaran de acero al carbono, de 0.0254 m. de diámetro, los elementos de unión del circuito serán mediante bridas cuadradas con cuatro pernos cada una y empaquetadura resistente a los hidrocarburos; en lo que respecta al GLP el material de los ductos será manguera flexible específica para GLP de uso automotriz, se debe recordar que los motores que usan GLP son únicamente los Otto que generalmente son de uso automotriz y no estacionario.
- Los circuitos de combustible poseerán al ingreso del recinto del banco de pruebas válvulas eléctricas de corte rápido accionadas manualmente y de manera automática ante la presencia de falla del motor o incendio dentro de la celda de pruebas, para lo cual contará con actuadores que se conecten al sistema de control del banco de pruebas y a los sensores de humo y fuego del sistema contra incendios.

Una vez que se han tomado en cuenta las consideraciones señaladas, se presenta a continuación en la figura 3.13, un diagrama esquemático del sistema de alimentación de combustible con que contará el recinto.

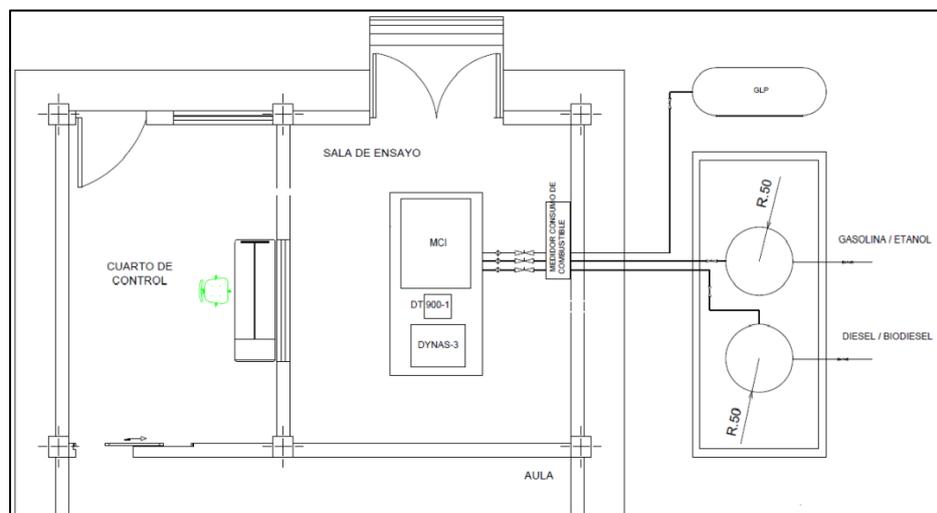


Figura 3.13. Diagrama esquemático del circuito de combustible

Adicionalmente, existe una parte importante del sistema de suministro de combustible, que son los medidores y sensores que permiten medir el consumo, así como también la temperatura del combustible, parámetros importantes cuando se realiza la prueba de un MCI. Normalmente los bancos de pruebas deben poseer la capacidad de medición del consumo integrada a sus otras capacidades.

En este contexto, y en consideración al grado de exactitud y automatización que se desea obtener en el presente proyecto se ha seleccionado un medidor de consumo de combustible que provee HORIBA ATS, el mismo que basa su principio de funcionamiento empleando medidores de flujo acumulativo de tipo volumétrico y gravimétrico, y sensores de control permanente de la presión de entrada y de salida del combustible; el sistema FQ2100 DP garantiza una alta precisión de medida para el rango de 0.2 hasta 220 litros por hora. Además, este equipo posee un control manual con visualización de los valores de medición principales, intercambio de combustible automático, fácil de integrar al sistema de automatización a través de una interfaz flexible, una adecuada optimización del tiempo total de medición y fácil de calibrar.

Las especificaciones técnicas de este sistema son presentados en el Apéndice "C". En la figura 3.14 se puede apreciar al medidor de consumo de combustible que ha sido seleccionado.

El campo de aplicación de este equipo es para motores de combustión interna que funcionan a diesel, gasolina, biocombustibles o combinaciones de gasolina/diesel con hasta 20 % de alcohol y

hasta 10% de biodiesel, con lo cual se garantiza su empleo en el banco.

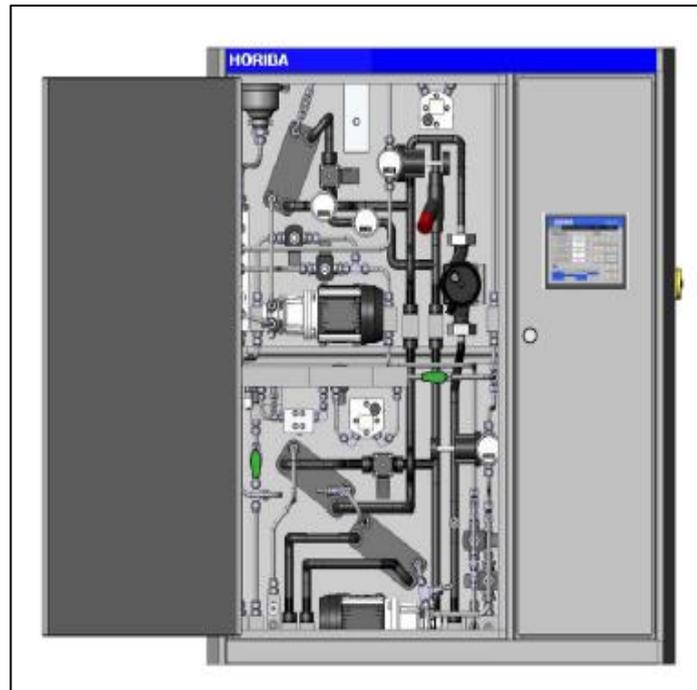


Figura 3.14. Medidor de consumo de combustible

FQ2100 DP

Sistema de control.

El sistema de control del banco de pruebas, es el elemento lógico y de vital importancia que garantizará una alta calidad en el control de los parámetros y datos que se desean medir de manera sincronizada para luego poder almacenarlos, con tiempos de respuesta mínimos y gran capacidad de procesamiento y cálculo, que en último término

significa precisión y fiabilidad en los resultados obtenidos de una caracterización o prueba de desempeño de un MCI.

El sistema incorpora los procesos de la adquisición de datos, el acondicionamiento de la señal y finalmente la presentación de los resultados de la prueba. La adquisición de datos comprende la medición de la variable de interés en formato digital, el almacenamiento y el procesamiento; para lo cual se requiere de una tarjeta de adquisición de datos (interface).

La medición de la variable, entonces se la realiza a través del correspondiente sensor/transductor que transforma la señal física medida en una señal analógica, la misma que, de ser muy débil, será amplificada y filtrada para luego ser convertida en una señal de tipo digital, con la finalidad de poder almacenar esta información en un computador para su posterior procesamiento y presentación de resultados.

El sistema, entonces requiere de una tarjeta de adquisición de datos, los correspondientes controladores y de un software adecuado para el procesamiento. Por lo tanto y en función del constante cambio en el avance científico, este sistema deberá garantizar una fácil

capacidad de actualización de sus componentes (hardware y software) así como la compatibilidad con otros dispositivos de medición, situación que permitiría a la vez modernizar el banco de pruebas en relación de las necesidades futuras.

En este sentido, HORIBA ATS, ofrece el sistema STARS, el cual constituye el último sistema de automatización desarrollado por esta agrupación. Este sistema permite ejecutar una amplia gama de programas para la prueba de motores de forma automática y manual y con una simple interfaz fácil de usar por parte del usuario.

El sistema STARS, mantiene el servidor central y todas las demás estaciones de trabajo en conjunto de manera actualizada con la información y los datos más recientes. Esto le permite acceder a la información cuando se requiera. La figura 3.15, muestra la información en pantalla de las facilidades y tipos de páginas del sistema STARS.



Figura 3.15. Sistema STARS (16)

Características.

- Fácil operación ya que se basa en un software que emplea conceptos modernos de Windows.
- Ofrece flexibilidad y versatilidad.
- Diseñado para atender los más complejos requerimientos.
- Manejo centralizado del sistema con los datos, lo que permite mayor eficiencia y efectividad.
- Páginas de visualización flexibles.
- Aplicaciones avanzadas para emisiones de motores de trabajo pesado y liviano (Drivers: MEXA 7000, CVS 7,000, HDEET).

- El equipamiento incluye además las interfaces CAN RS232, computador, cables y conectores, fuente de poder y otros componentes y accesorios que integran todo el sistema.

Consola de operación.

El control de la celda de pruebas se lleva a cabo desde el CUARTO DE CONTROL, lugar en donde se ubica la consola de operación.

En este lugar se instalará un gabinete tipo T/D (figura 3.16), el mismo que tiene la capacidad de albergar todos los sistemas de control y medición de la celda de ensayos.



Figura 3.16. Gabinete de control tipo T/D (16)

Así mismo, el gabinete incluye un módulo de seguridad (figura 3.17), listo para conectarse con el circuito de parada de emergencia, el mismo que podrá ser activado desde el escritorio del operador.



Figura 3.17. Módulo central de seguridad SZM (16)

Los equipos informáticos y monitores de control son instalados en el escritorio del operador (figura 3.18), cuyas especificaciones son presentadas en el Apéndice C.



Figura 3.18. Escritorio del operador (16)

Diagrama de bloque del banco de pruebas

La disposición final de los equipos y sistemas anteriormente referidos deberán ser instalados acorde la distribución de áreas plenamente definidas y de conformidad con el siguiente diagrama de bloques presentado por HORIBA ATS, lo cual permitirá un alto grado de control del banco de pruebas propuesto.

El diagrama de bloques presenta la interconexión de los equipos y sistemas por módulos de; automatización, cuarto de control (consola del operador), unidad de carga (Dinamómetros), equipo de medición, de acondicionamiento y de prueba de emisiones.

El módulo de la “Unidad de carga” comprende la instalación de los dos dinamómetros en TANDEM, el sistema de fijación y soporte de la máquina de combustión interna y de las unidades de control, el gabinete inversor del dinamómetro eléctrico AC, la fuente de poder y control electrónico (LED 2003), el controlador digital (SPARC), el controlador de aceleración (LSR2003), el acople y protector dinamómetro-MCI y el motor que se desea probar; con todas las interfaces correspondientes que permiten entregar la información pertinente de estos equipos al sistema de control a través de un

protocolo electrónico de comunicaciones CAN-bus (Controller Area Network).

El módulo de la “Unidad acondicionadora” integra las unidades de enfriamiento del refrigerante, aceite y aire de admisión del motor de combustión interna, con lo cual se garantiza un correcto funcionamiento y control del motor que se desee probar en el banco de pruebas.

El módulo “Equipo de medición” comprende el sistema de medición del flujo de aire, el medidor de flujo de gases pulsantes, los sensores de temperatura y presión, la medición de las condiciones ambientales (estación meteorológica), el sistema de medición del consumo de combustible, el sistema de análisis de los gases de escape, la caja de medición y los dispositivos de transmisión de datos con los cuales es posible transmitir la información censada a través del protocolo electrónico de comunicaciones CAN-bus (Controller Area Network) al sistema de automatización.

Finalmente, el módulo de “Automatización”, el cual integra el sistema STARS, el gabinete de medida tipo T/D, el sistema de seguridad, el sistema informático (hardware y software) y el escritorio del operador

en donde se recibe y procesa la información de todas las señales a través del protocolo electrónico de comunicaciones y las presenta adecuadamente a través de un software que emplea conceptos modernos de Windows.

En la figura 3.19 se presenta un ejemplo del diagrama de bloque para el banco de pruebas conforme lo anteriormente acotado.

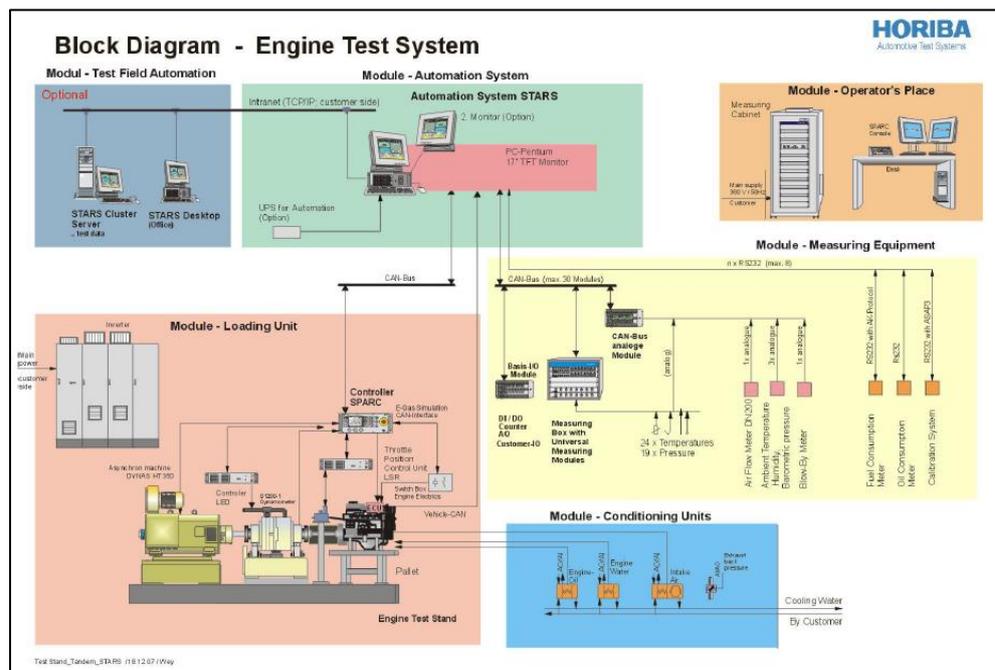


Figura 3.19. Diagrama de bloque del banco de pruebas

Sistema de agua de refrigeración del dinámometro.

Luego de haber sido seleccionado un arreglo en Tandem de dos dinámómetros, se revisaron las especificaciones técnicas y

requerimientos para instalación de los mismos (Apéndice C), encontrando que el dinamómetro hidráulico HORIBA DT 900-1, requiere que se provea una línea de agua con un caudal de 25.8 m³/h a una presión máxima de 0.6 bar; la diferencia de temperatura de salida con la de entrada es de 30°C, así mismo el equipo de acondicionamiento del refrigerante del motor requiere un flujo de agua de 35 m³/h y una presión de 3.5 bar, diferencial de temperatura 10°C.

Como se puede observar es necesario proveer 60.8 m³/h de agua, lo que equivale a un poco más de 16,000 galones por cada hora de operación (267.7 GPM); con el inconveniente de que el agua en el proceso sufrirá un incremento de temperatura; si se considera que el agua a temperatura ambiente se encuentra a 25°C y a la salida del dinamómetro tendría al menos 55°C, sería ideal contar con una fuente de agua lo suficientemente grande como para que la temperatura del agua caliente sea disipada y no sea necesario emplear un sistema mecánico de transferencia de calor; esto podría ser factible ya que en la ESPOL existe un lago que podría facilitar la provisión de agua al banco de pruebas, bastaría con colocar bombas de succión para llevar el agua hasta el dinamómetro y luego de su utilización volver a verter el agua caliente en la misma fuente; sin

embargo esta solución sería factible siempre y cuando las instalaciones del banco de pruebas se encuentren a una distancia muy próxima al lago.

La segunda opción posible sería la de contar con un circuito cerrado de agua para el banco de pruebas; para este caso se requerirá de infraestructura y equipamiento que facilite el almacenamiento del agua fría, el bombeo del agua hasta el freno y el sistema de acondicionamiento, circuito de retorno y recolección del agua caliente y finalmente enfriamiento del agua para volver a ser utilizada; esta opción va a ser considerada dentro de las especificaciones del proyecto en vista que la implementación del banco de pruebas debe darse en las instalaciones de la FIMCP, lugar en donde no se dispone de una fuente de agua lo suficientemente grande como para considerar el sistema abierto planteado anteriormente.

Con los datos expuestos se va a proceder a realizar los cálculos para dimensionar el sistema mediante un circuito cerrado que almacene, provea, recupere y reacondicione el agua para la operación del dinamómetro y el sistema de acondicionamiento del refrigerante de los motores; es necesario indicar sin embargo que existen dos requerimientos que difieren tanto en caudal como en presión, por un

lado se encuentra el del dinamómetro que es de 25.8 m³/h a una presión máxima de 0.6 bar, la diferencia de alturas entre la superficie libre del agua en la cisterna y la toma de agua para el dinamómetro es de 1.5 m; por otro lado está el del sistema acondicionador del refrigerante del motor que necesita un caudal de 35 m³/h a una presión máxima de 3.5 bar y la diferencia de alturas será de aproximadamente 2.5 m; por tratarse de caudales, presiones y alturas diferentes se va a diseñar dos circuitos, cada uno de ellos con su propio sistema de bombeo, lo común para estos dos circuitos será la fuente de agua fría (cisterna de agua fría) y el reservorio de recolección de agua caliente (cisterna de agua caliente).

En este sentido se necesita que el sistema sea diseñado de tal manera que permita manejar los caudales, presiones y temperaturas requeridas por el dinamómetro, la torre de enfriamiento y el sistema acondicionador de refrigerante del motor, para lo cual se establecerán las capacidades de las bombas que serán necesarias para que el sistema funcione adecuadamente y en función de los requerimientos establecidos por los fabricantes de los equipos anteriormente mencionados.

Por lo tanto, en la figura 3.20 se presenta el diagrama del sistema propuesto para el adecuado funcionamiento del dinamómetro y de la torre de refrigeración, siendo importante destacar que el circuito incluye un ramal de tubería que se conecta a la cisterna de agua caliente con el propósito de proveer un flujo de agua fría que permita reducir la temperatura del agua caliente, facilitando así la selección de la torre de enfriamiento requerida por el sistema.

Es importante manifestar además que el circuito propuesto para la operación del sistema acondicionador de refrigerante del motor (figura 3.9), es congruente con los caudales que se deben manejar para un adecuado funcionamiento del sistema en general, manteniendo el volumen de agua en las cisternas constante.

En resumen, el circuito cerrado propuesto estará compuesto de tres ramales e implica la necesidad de implementar: 01 cisterna de agua fría necesaria para la operación del dinamómetro hidráulico y el sistema acondicionador, 01 cisterna de agua caliente que recolecte el agua que sale del dinamómetro y acondicionador, 01 bomba para el circuito del dinamómetro y recirculación de agua fría hacia la cisterna de agua caliente, 01 bomba para el circuito del acondicionador del refrigerante y 01 bomba para el circuito de agua caliente que

suministre el caudal y presión requeridos por la torre de enfriamiento y su posterior almacenamiento en la cisterna de agua fría, tuberías, válvulas y demás accesorios para la confección del circuito cerrado que garantice una óptima operación del freno hidráulico y sistema acondicionador de refrigerante del motor, lo cual es posible apreciar en las figuras 3.20 y 3.9.

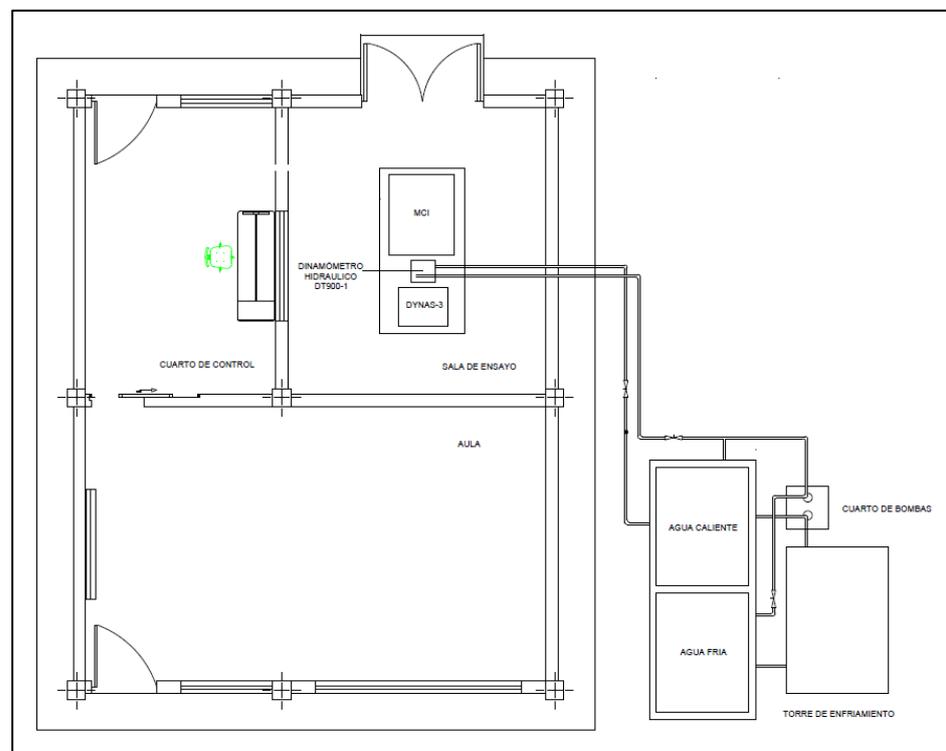


Figura 3.20. Esquema del sistema de refrigeración del dinamómetro

Reservorios de agua: para la implementación del sistema se prevé la construcción de 02 cisternas para el almacenamiento del agua fría

y agua caliente de 6 m³ de capacidad, con el objeto de garantizar el suministro de agua, tanto para el dinamómetro y acondicionador como para la torre de enfriamiento; es importante destacar que estas cisternas deberán contar con una línea de agua de reposición por efectos de pérdidas en el circuito, las cuales se estiman en el orden del 1.7%, para el efecto se colocará un sensor de nivel que censará un nivel mínimo de 5.5 metros cúbicos, momento en el cual permitirá el paso de agua de reposición hasta que el nivel máximo llegue a 6 metros cúbicos para proceder nuevamente a cerrarse, el caudal de reposición será de 25 GPM.

Dimensiones: largo = 2.0 m., ancho = 1.5 m. y alto = 2.0 m.

Circuito de alimentación del dinamómetro y recirculación de agua fría.

Como se puede observar en el esquema, se tomará agua desde la cisterna de agua fría; mediante una bomba se entregará un caudal que sea el doble del requerido por el dinamómetro, es decir 52 m³/h, el circuito tendrá una bifurcación en dos subramales, el primero terminará en el dinamómetro y el segundo recirculará el agua fría hacia la cisterna de agua caliente para reducir el diferencial de temperatura del agua que ingrese posteriormente a la torre de

enfriamiento; la longitud total de la tubería incluidos los dos subramales es de 16.3 m; la diferencia de altura entre la superficie libre del agua de la cisterna y la descarga más elevada es 1.5 m; la presión de descarga al final de la tubería será de 0.6 bar.

Tubería: Acero al carbono (hierro negro), según ASTM A-53 Gr.B, ASTM A-106Gr.B o API-5L Gr.B, Sch. 40 como mínimo.

Para establecer la velocidad óptima del agua en el circuito, se tomará como referencia la norma técnica ecuatoriana para la construcción, NEC 11, Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE, la que establece que la velocidad óptima de una instalación de agua industrial puede fluctuar entre mínimo 0.6 y máximo 2.5 m/s, con ese dato de velocidad y el caudal se calcula el diámetro de la tubería empleando las ecuaciones (3.3) y (3.4):

$$Q = A \cdot V \quad (3.3)$$

$$0.014 \text{ m}^3/\text{s} = A \cdot 2.5 \text{ m/s}$$

$$A = 0.006 \text{ m}^2,$$

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (3.4)$$

$$D = 0.09 \text{ m (3,5")}$$

Longitud Total = 16.3 m.

Diferencia de Niveles: máxima diferencia de niveles = 1.5 m.

Accesorios:

Codos de 90° = 7 aprox.

Válvulas de paso = 2

Válvulas de descarga = 2

T = 1

Presión de Descarga;

Presión desc. = 8.7 psi, en el punto más lejano = 240.88 in H₂O =

6.12 m

Número de Reynolds:

$$Re = V \times D / \mu \quad (3.5)$$

En donde:

V = velocidad del fluido = $Q/A = 0.014 \text{ m}^3/\text{s} / 0.006 \text{ m}^2 = 2.33 \text{ m/s}$

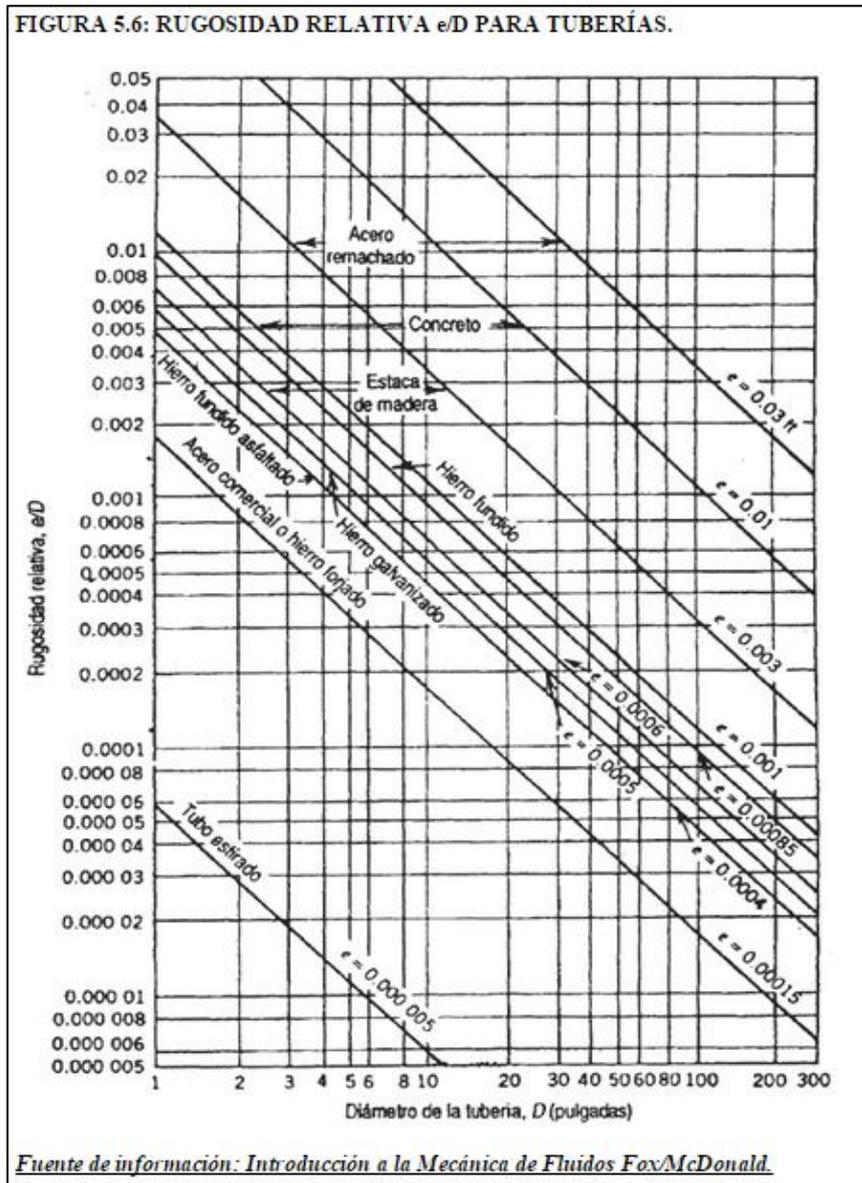
Diámetro de la tubería D = 0.09 m.

Viscosidad del agua $\mu = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$Re = 210,000$$

De la Tabla 8, se obtiene $e/D = 0.0005$, que corresponde al valor de rugosidad relativa para flujo interno incompresible viscoso en función del material y del diámetro de la tubería.

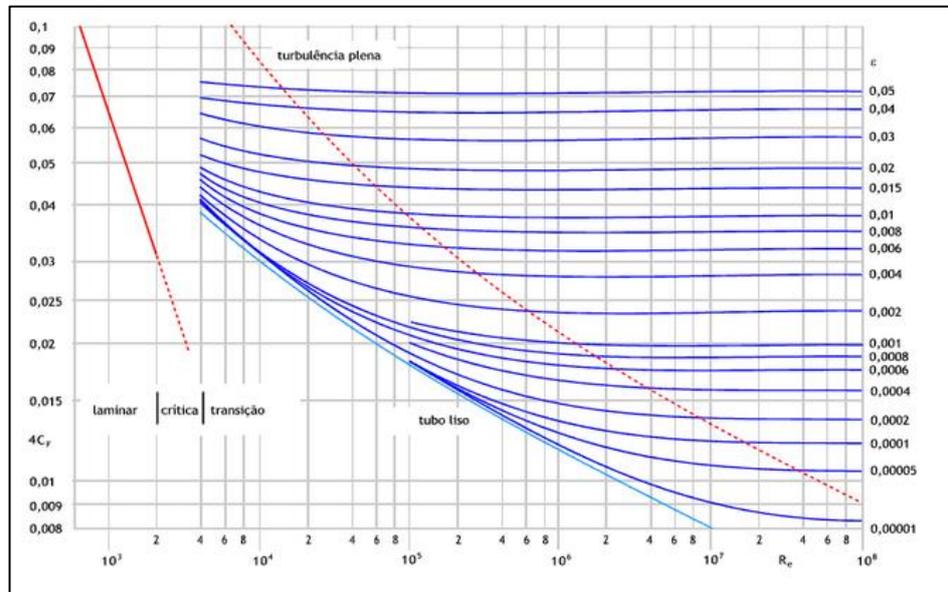
TABLA 8
FACTOR DE RUGOSIDAD PARA TUBERÍAS



Tomada del texto: *Introducción a la Mecánica de Fluidos Fox McDonald*

(14).

TABLA 9
DIAGRAMA DE MOODY



Tomada del texto: Introducción a la Mecánica de Fluidos Fox McDonald (14).

Con e/D , se verifica en el diagrama de Moody (Tabla 9), el valor correspondiente del factor de fricción que servirá para calcular las pérdidas de cabezal, esto en función del número de Reynolds obtenido y de e/D .

$$f = 0.03$$

Este es el valor obtenido de las tablas.

Por último se necesita buscar los valores adimensionales de longitud equivalente representativas para válvulas y accesorios, para el efecto se utilizará la tabla 10 y se empleará la ecuación 3.5.

TABLA 10
LONGITUDES EQUIVALENTES

Accesorios y válvulas expresados en pies (m) equivalente de tubería				
Accesorios y válvulas	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"
	(50 mm)	(65 mm)	(80 mm)	(90 mm)
Codo a 45	2 (0,6)	3 (0,9)	3 (0,9)	3 (0,9)
Codo normalizado a 90	5 (1,5)	6 (1,8)	7 (2,1)	8 (2,4)
Codo de gran radio a 90	3 (0,9)	4 (1,2)	5 (1,5)	5 (1,5)
T o cruz (corriente que gira 90°)	10 (3,1)	12 (3,7)	15 (4,6)	17 (5,2)
Válvula de compuerta	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)	1 (0,3)
Válvula de mariposa	6 (1,8)	7 (2,1)	10 (3,1)	---
Válvula de retención con clapeta oscilante*	11 (3,4)	14 (4,3)	16 (4,9)	19 (5,8)

Tabla reproducida de SLIDESHARE (29)

Codos de 90° = 7 aprox $Le = 7 \times 2.4 \text{ m} = 16.8 \text{ m}$

Válvulas de paso = 2 $Le = 2 \times 0.3 \text{ m} = 0.6 \text{ m}$

Válvulas de descarga = 1 $Le = 1 \times 0.3 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$

Bifurcación T = 1 $Le = 1 \times 5.2 \text{ m} = 5.2 \text{ m}$

El factor adimensional de la longitud equivalente se calcula mediante la ecuación (3.5)

$$Le/ D \quad (3.5)$$

$$Le/ D = 22.9 \text{ m} / 0.09 \text{ m}$$

$$Le / D = 254.44$$

Finalmente para calcular la potencia de la bomba se va a utilizar la ecuación de la energía de Bernoulli dada por la ecuación (3.6)

$$m H_{out} = m H_{in} + Pot \text{ bba} - m H_{i-o} \quad (3.6)$$

Donde:

m = flujo másico del fluido

H_{out} = Energía de Presión, cinética y potencial de salida

H_{in} = Energía de Presión, cinética y potencial de entrada

$Pot \text{ bba}$ = Potencia de la bomba

H_{i-o} = Pérdidas de energía debido a la fricción

$$m (P_2 + V_2^2/2 + g Z_2) = m (P_1 + V_1^2 / 2 + g Z_1) + Pot \text{ bba} - m H_{i-o}$$

Donde:

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \text{velocidad del fluido} = 2.33 \text{ m/s}$$

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm.}$$

$$Z_1 = \text{nivel superficial del reservorio de agua} = 0$$

Z_2 = máximo nivel de diferencia entre superficie reservorio y nivel al cual va a ser bombeada el agua más la equivalencia en metros de presión de descarga $8.7 \text{ psi} = 6.12 \text{ m} + 1.5 \text{ m} = 7.62 \text{ m}$

$$m = \text{flujo másico del agua} = \gamma \times Q = 1000 \text{ Kg/m}^3 \times 0.014 \text{ m}^3/\text{s} = 14 \text{ kg/s.}$$

Pérdidas representativas:

$$\text{Pérdidas por fricción} = f L/D V^2/2 = (0.03 \times 16.3 \text{ m} / 0.09 \text{ m}) \times (2.33 \text{ m/s})^2/2 = 14.74 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Pérdidas representativas por accesorios y válvulas} = f \times L_e/D \times V^2/2 = (0.03 \times 254.44) \times ((2.33 \text{ m/s})^2 / 2) = 20.71 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

$$\text{Total de pérdidas representativas} = 35.46 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

Potencia bomba:

$$\begin{aligned} P_{\text{tbb}} &= 14 \text{ Kg/s} \times ((2.33 \text{ m/s})^2/2 + (9.8 \text{ m/s}^2 \times 7.62 \text{ m}) + 35.46 \text{ m}^2/\text{s}^2) \\ &= 1,579.96 \text{ W} = \mathbf{2.12 \text{ HP}} \end{aligned}$$

Circuito de alimentación del acondicionador del refrigerante del motor.

Para este circuito se tomará agua desde la cisterna de agua fría; mediante una bomba se entregará un caudal de 35 m³/h, el diferencial de temperatura del agua que ingresa y sale del acondicionador es menor a 10°C, razón por la cual no se ha considerado un subramal de recirculación como el del circuito anterior, la longitud total de la tubería es de 12 m; la diferencia de altura entre la superficie libre del agua de la cisterna y la descarga es 2 m; la presión de descarga al final de la tubería será de 3,5 bar, para los cálculos necesarios se emplearán las fórmulas (3.3), (3.4), (3.5) y (3.6).

Tubería: Acero al carbono (hierro negro), según ASTM A-53 Gr.B, ASTM A-106Gr.B o API-5L Gr.B, Sch. 40 como mínimo.

Para establecer la velocidad óptima del agua en el circuito, se tomará como referencia la norma técnica ecuatoriana para la construcción NEC 11, capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE, la que establece que la velocidad óptima de una instalación de agua industrial puede fluctuar entre mínimo 0.6 y máximo 2.5 m/s, con ese dato de velocidad y el caudal se calcula el diámetro de la tubería:

$$Q = A \cdot V$$

$$0.0097 \text{ m}^3/\text{s} = A (2.5 \text{ m/s})$$

$$A = 0.0038 \text{ m}^2, A = \pi r^2$$

$$D = 0.07 \text{ m (2.75")}, (\text{ se utilizará tubería de 3 pulg.}).$$

$$\text{Longitud Total} = 12 \text{ m.}$$

Diferencia de Niveles:

$$\text{Máxima diferencia de niveles} = 2 \text{ m.}$$

Accesorios:

$$\text{Codos de } 90^\circ = 6 \text{ aprox.}$$

$$\text{Válvulas de paso} = 1$$

$$\text{Válvulas de descarga} = 1$$

Presión de Descarga;

$$\text{Presión desc.} = 50.76 \text{ psi, en el punto más lejano} = 1,405.12 \text{ pulg,}$$

$$\text{H}_2\text{O} = 35.69 \text{ m.}$$

Número de Reynolds:

$$\text{Re} = V \times D / \mu$$

$$V = \text{velocidad del fluido} = Q/A = 0.0097 \text{ m}^3/\text{s} / 0.0046 \text{ m}^2 = 2.11 \text{ m/s}$$

$$D = \text{diámetro de la tubería} = 0.076 \text{ m.}$$

$$\mu = \text{viscosidad del agua} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$\text{Re} = 160,260$$

De la Tabla 8, se obtiene $e/D = 0.0006$, que corresponde al valor de rugosidad relativa para flujo interno incompresible viscoso en función del material y del diámetro de la tubería.

Con el valor de e/D , se verifica en el diagrama de Moody (tabla 9), el valor correspondiente del factor de fricción que servirá para calcular las pérdidas de cabezal, esto en función del número de Reynolds obtenido y de e/D .

$$f = 0.033$$

Por último se necesita buscar los valores adimensionales de longitud equivalente representativas para válvulas y accesorios, para el efecto se utilizará la tabla 10.

$$\text{Codos de } 90^\circ = 6 \text{ aprox} \quad Le = 6 \times 2.1 \text{ m} = 12.6 \text{ m}$$

$$\text{Válvulas de paso} = 1 \quad Le = 1 \times 0.3 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Válvulas de descarga} = 1 \quad Le = 1 \times 0.3 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$

$$Le / D = 13.2 \text{ m} / 0.076 \text{ m}$$

$$Le / D = 173.68$$

Ecuación de la energía.

$$m H_{out} = m H_{in} + Pot_{bba} - m H_{i-o}$$

$$m (P_2 + V_2^2/2 + g Z_2) = m (P_1 + V_1^2/2 + g Z_1) + Pot_{bba} - m H_{i-o}$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \text{velocidad del fluido} = 2,11 \text{ m/s}$$

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm.}$$

$$Z_1 = \text{nivel superficial del reservorio de agua} = 0$$

$$Z_2 = \text{máximo nivel de diferencia entre la superficie del reservorio y el nivel al cual va a ser bombeada el agua más la equivalencia en metros de la presión de descarga de } 50.7 \text{ psi} = 35.69 \text{ m} + 2 \text{ m} = 37.69 \text{ m}$$

$$m = \text{flujo másico del agua} = \gamma \times Q = 1,000 \text{ Kg/m}^3 \times 0.0097 \text{ m}^3/\text{s} = 9.7 \text{ kg/s.}$$

Pérdidas representativas:

$$\text{Pérdidas por fricción} = f L/D V^2/2 = (0.033 \times 12 \text{ m} / 0.076 \text{ m}) \times (2.11 \text{ m/s})^2/2 = 11.56 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$\text{Pérdidas representativas por accesorios y válvulas} = f \times L_e/D \times V^2/2 = (0.033 \times 173.68) \times ((2.11 \text{ m/s})^2/2) = 12.72 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

$$\text{Total de pérdidas representativas} = 24.28 \text{ m}^2/\text{s}^2.$$

Potencia bomba:

$$P_{bba} = 9.7 \text{ Kg/s} \times ((2.11 \text{ m/s})^2/2 + (9.8 \text{ m/s}^2 \times 37.69 \text{ m}) + 24.28 \text{ m}^2/\text{s}^2)$$
$$= 3,839.86 \text{ W} = \mathbf{5.14 \text{ HP}}$$

Torre de enfriamiento: la selección de la torre de enfriamiento será función de los siguientes parámetros de diseño:

- Rango de enfriamiento = 30°C (Diferencia de temperaturas de entrada y salida de la torre de enfriamiento).
- Temperatura de bulbo húmedo y humedad relativa del lugar geográfico de operación; para Guayaquil $T_{wb} = 27^\circ\text{C}$ y $HR = 75\%$.
- Caudal de operación del dinamómetro = 25.8 m³/h.
- Temperatura de entrada en el dinamómetro = 30°C.
- Temperatura de salida del dinamómetro = 60°C.

De la información presentada, es posible establecer que el principal parámetro que determina la capacidad y dimensionamiento de la torre de enfriamiento es el caudal de operación y el rango de enfriamiento ya que de estos dependerá la configuración de la torre en cuanto a su constitución para permitir una adecuada transferencia de calor (carga térmica), que permita bajar la temperatura del agua,

principalmente por efectos de convección producida por la acción del ventilador.

Para el presente proyecto y en función de que el rango de enfriamiento requerido es relativamente alto (30°C), el circuito hidráulico planteado permite bajar la temperatura del agua que sale del dinamómetro y la temperatura del agua que sale del acondicionador del refrigerante del motor mediante la mezcla con agua a menor temperatura proveniente del reservorio de agua fría, siendo este flujo parte proporcional del caudal total que es suministrado para la operación del dinamómetro.

En otras palabras el caudal suministrado por la bomba, ($52\text{ m}^3/\text{h}$) se divide en dos: ($25.8\text{ m}^3/\text{h}$ cada uno) para la operación del dinamómetro y ($26.2\text{ m}^3/\text{h}$) para bajar la temperatura del agua que sale del freno ($25.8\text{ m}^3/\text{h}$); lo cual es posible observar en la figura 3.21, en donde además se deberá tomar en consideración el caudal ($35\text{ m}^3/\text{h}$) de agua requerido por el acondicionador de refrigerante del motor.

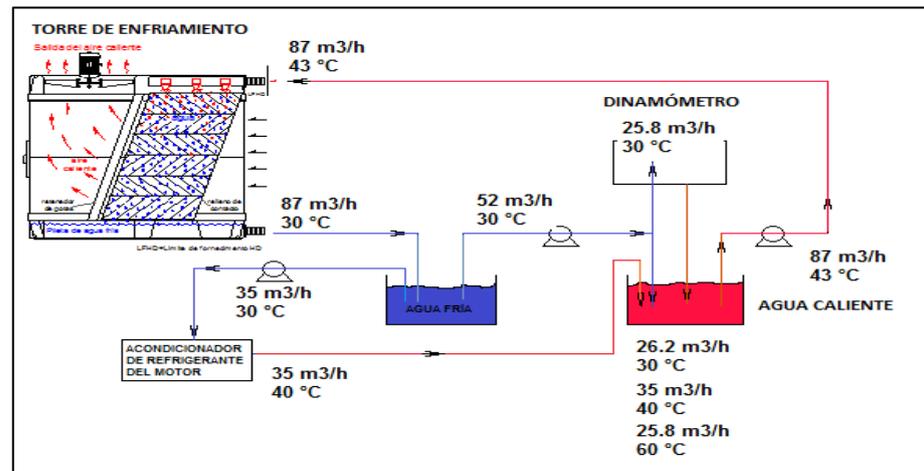


Figura 3.21. Diagrama esquemático para el enfriamiento del agua

Por lo tanto se va a requerir una torre de enfriamiento que opere con un caudal Q mayor al caudal requerido por el dinamómetro y el acondicionador de refrigerante del motor ($25.8 \text{ m}^3/\text{h}$ y $35 \text{ m}^3/\text{h}$ respectivamente) y con un rango de enfriamiento adecuado conforme la capacidad de diseño de la torre.

De la investigación realizada, y en función de los parámetros de operación planteados para el funcionamiento del dinamómetro, se encontró que la empresa HD EQUIPAMENTOS, Apéndice C, ofrece una gran gama de equipos para diversas aplicaciones; ajustándose a los requerimientos del proyecto, las torres de enfriamiento de la serie 400, cuyos rangos de operación cubren caudales desde los 2 hasta los $150 \text{ m}^3/\text{h}$.

Por lo tanto, y con el objetivo de seleccionar el modelo de la torre de enfriamiento a continuación se realizará el cálculo para determinar el rango de enfriamiento que sea concordante con las especificaciones del equipo:

Rango de enfriamiento: Empleando la ecuación (3.7) se realizarán los cálculos como se indica a continuación:

$$T_{acm} = ((Q_1 \times T_d) + (Q_2 \times T_{af}) + (Q_3 \times T_r)) / Q \quad (3.7)$$

Donde:

T_{acm} temperatura de agua caliente mezclada.

T_d temperatura del agua caliente proviene del dinamómetro = 60°C.

T_r temperatura agua del acondicionador refrigerante del MCI = 40°C.

T_{af} temperatura del agua fría que proviene de la cisterna = 30°C

Q es el caudal de la torre

Q₁ es el caudal requerido por el dinamómetro = 25.8 m³/h.

Q₂ es el caudal requerido para bajar la temperatura del caudal del agua caliente.

Q₃ es el caudal requerido en el acondicionador del refrigerante del motor = 35 m³/h

Si se toma un flujo $Q = 87 \text{ m}^3/\text{h}$,

Entonces $Q_1 = 25.8 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_2 = 26.2 \text{ m}^3/\text{h}$ y $Q_3 = 35 \text{ m}^3/\text{h}$

Por lo tanto:

$$T_{acm} = ((25.8 \text{ m}^3/\text{h} \times 60^\circ\text{C}) + (26.2 \text{ m}^3/\text{h} \times 30^\circ\text{C}) + (35 \text{ m}^3/\text{h} \times 40^\circ\text{C})) / 87 \text{ m}^3/\text{h} = 42.91 \text{ }^\circ\text{C}$$

Entonces, el rango de enfriamiento = $T_{acm} - T_{af} = 13^\circ\text{C}$

Por consiguiente y en consideración a las especificaciones de las torres de enfriamiento de la serie 400, se selecciona el modelo HD-1408, figura 3.22, cuyas principales especificaciones técnicas son las siguientes:

Diámetro y potencia del ventilador = 980 mm. / 7.5 HP

Ancho = 1.6 m.

Largo = 2.4 m.

Alto = 3.47 m.

Alto entrada de agua = 1.91 m.

Diámetro entrada agua = 3 pulg.

Diámetro salida agua = 3 pulg.

Presión entrada torre = 0.6 bar.



Figura 3.22. Torre de enfriamiento modelo HD-1408

Circuito de alimentación de la torre de enfriamiento.

La parte final del circuito cerrado de agua la formará el ramal que toma agua de la cisterna de agua caliente mediante una bomba y la eleva hasta la torre de enfriamiento, para que una vez que se reacondicione el agua y se baje su temperatura hasta las condiciones ambientales sea almacenada nuevamente en la cisterna de agua fría para continuar con el ciclo; a fin de garantizar que toda la cantidad de agua que sale de la cisterna de agua fría sea repuesta, el caudal que ingresará a la torre de enfriamiento desde la cisterna de agua caliente será de $87 \text{ m}^3/\text{h}$ que es igual al caudal del circuito del

dinamómetro y recirculación ($52 \text{ m}^3/\text{h}$) más el caudal del acondicionador del refrigerante ($35 \text{ m}^3/\text{h}$), según los requerimientos de la torre seleccionada, el diámetro de la tubería será de 3 pulg, la altura del ingreso de agua en la torre está ubicada a 1.91 m, se deberá considerar una diferencia de altura entre el nivel de la superficie libre del agua en la cisterna y la base de la torre de enfriamiento adicional de 0.8 m, finalmente la presión de ingreso del agua a la torre es de 0.6 bar, la longitud total de la tubería es de 4.7 m; para los cálculos necesarios se emplearán las fórmulas (3.3), (3.4), (3.5) y (3.6).

Tubería: Acero al carbono (hierro negro), según ASTM A-53 Gr.B, ASTM A-106Gr.B o API-5L Gr.B, Sch. 40 como mínimo.

$$Q = A \cdot V$$

$$0.024 \text{ m}^3/\text{s} = 0.0046 \text{ m}^2 \cdot V$$

$$V = 5.2 \text{ m/s}$$

$$\text{Longitud Total} = 4.7 \text{ m.}$$

Diferencia de Niveles:

$$\text{Máxima diferencia de niveles} = 2.71 \text{ m.}$$

Accesorios:

Codos de 90° = 4 aprox.

Válvulas de paso = 1

Válvulas de descarga = 1

Presión de Descarga;

Presión desc. = 8.7 psi, en el punto más lejano = 240.87 inH₂O =

6.12 m

Número de Reynolds:

$$Re = V \times D / \mu$$

$$V = \text{Vel. del fluido} = Q/A = 0.024 \text{ m}^3/\text{s} / 0.0046 \text{ m}^2 = 5.22 \text{ m/s}$$

$$D = \text{diámetro de la tubería} = 0.076 \text{ m.}$$

$$\mu = \text{viscosidad del agua} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$Re = 396,720$$

De la Tabla 8, se obtiene $e/D = 0.0006$, que corresponde al valor de rugosidad relativa para flujo interno incompresible viscoso en función del material y del diámetro de la tubería.

Con e/D , se verifica en el diagrama de Moody (Tabla 9), el valor correspondiente del factor de fricción que servirá para calcular las

pérdidas de cabezal, esto en función del número de Reynolds obtenido y de e/D .

$$f = 0.03$$

Por último se necesita buscar los valores adimensionales de longitud equivalente representativas para válvulas y accesorios, para el efecto se utilizará la Tabla 10.

$$\text{Codos de } 90^\circ = 4 \text{ aprox} \quad Le = 4 \times 2.1 \text{ m} = 8.4 \text{ m}$$

$$\text{Válvulas de paso} = 1 \quad Le = 1 \times 0.3 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Válvulas de descarga} = 1 \quad Le = 1 \times 0.3 \text{ m} = 0.3 \text{ m}$$

$$Le / D = 9 \text{ m} / 0.076 \text{ m}$$

$$Le / D = 118.42$$

Ecuación de la energía.

$$m H_{out} = m H_{in} + Pot_{bba} - m H_{i-o}$$

$$m (P_2 + V_2^2/2 + g Z_2) = m (P_1 + V_1^2/2 + g Z_1) + P_{bba} - m H_{i-o}$$

$$V_1 = 0 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \text{velocidad del fluido} = 5.22 \text{ m/s}$$

$$P_1 = P_2 = 1 \text{ atm.}$$

Z_1 = nivel superficial del reservorio de agua = 0

Z_2 = máximo diferencia de niveles (superficie del reservorio - al cual va a ser bombeada el agua) más la equivalencia en metros de la presión de descarga de $6.12 \text{ m} + 2.71 \text{ m} = 8.83 \text{ m}$

m = flujo másico del agua = $\gamma \times Q = 1,000 \text{ Kg/m}^3 \times 0.024 \text{ m}^3/\text{s} = 24 \text{ Kg/s}$.

Pérdidas representativas:

Pérdidas por fricción = $f L/D V^2/2 = (0.03 \times 4.7 \text{ m} / 0.076 \text{ m}) \times (5.22 \text{ m/s})^2/2 = 25.27 \text{ m}^2/\text{s}^2$

Pérdidas representativas por accesorios y válvulas = $f \times L_e/D \times V^2/2 = (0.03 \times 118.42) \times ((5.22 \text{ m/s})^2 / 2) = 48.39 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

Total de pérdidas representativas = $73.65 \text{ m}^2/\text{s}^2$.

Potencia bomba:

$P_{bba} = 24 \text{ Kg/s} \times ((5.22 \text{ m/s})^2 / 2 + (9.8 \text{ m/s}^2 \times 8.83 \text{ m}) + 73.65 \text{ m}^2/\text{s}^2)$
 $= 4,171.3 \text{ W} = \mathbf{5.6 \text{ HP}}$.

Sistema auxiliares y de seguridad.

La infraestructura prevista para la implementación del banco de pruebas, albergará en su interior una serie de equipos y sistemas electrónicos y mecánicos de última generación, cuyo costo es considerable; sumándose a esto el hecho de que existirán personas en continua actividad dentro del recinto, ya sean profesores, investigadores y alumnos; la suma de los recursos humanos y físicos que formarán parte del resultado esperado del proyecto, justifican sobre manera la implementación de sistemas de seguridad y auxiliares, tanto para prevención de accidentes de trabajo, enfermedades ocupacionales como para prevención y combate de incendios.

En este contexto, es importante que se realice un levantamiento preliminar de riesgos de los diferentes puestos de trabajo que existirían en el futuro banco de pruebas para emitir las recomendaciones pertinentes.

Riesgos más frecuentes:

- Caídas al mismo nivel (golpes y tropiezos), las mismas que podrían ser producto de la disposición de los equipos y/o

sistemas (cables, mangueras, tuberías, etc.) al interior de la sala de ensayos.

- Atrapamiento entre elementos móviles, ya que los MCI son máquinas que generan movimiento, por lo tanto existe riesgo de atrapamiento entre sus partes móviles.
- Incendio, principalmente, por la utilización de diversos combustibles, así como por el empleo de equipos eléctricos, mecánicos y electrónicos que forman parte de la sala de ensayos.
- Generación o fuga de gases de combustión, producto de la operación de todo MCI, los que generan humos y gases contaminantes y tóxicos como productos de la combustión del combustible que le sirve de fuente de energía.
- Generación de ruido, lo que puede producir pérdida de audición del personal que labora en la sala de ensayos, producto de la operación de los MCI que pueden sobrepasar los 87 dB.
- Contacto con fluido refrigerante que son normalmente utilizados en el sistema de refrigeración del motor. El contacto habitual con los refrigerantes pueden causar dermatitis.
- Descargas eléctricas, producto del empleo de un sin número de elementos eléctricos o electrónicos de los diversos equipos componentes del banco de pruebas.

- Quemaduras, a través del contacto con superficies calientes de los MCI.

Medidas preventivas:

- Evitar que los cables, mangueras tuberías y demás elementos estén dispersos en el piso o áreas de tránsito del personal.
- Señalar de manera adecuada los puntos de peligro y tránsito del personal de acuerdo a la norma (NFPA704).
- Emplazar carcasas protectoras en los puntos de conexión y no retirarlas mientras esté el motor en marcha.
- Se debe prohibir fumar en el interior de la sala de ensayos, así como realizar actividades que generen chispas o que impliquen la manipulación de llamas abiertas (por ejemplo, trabajos de soldadura), sin la debida autorización, para lo cual se deberá parar los trabajos del banco de pruebas, ventilar el área, cerrar el suministro de combustible y asegurar que no exista concentración de gases explosivos.
- Colocar en puntos visibles, letreros que prohíban fumar al interior de la sala de ensayos.
- Disponer de extintores en áreas de fácil acceso y/o sistemas automáticos de extinción con rociadores.
- Mantener las salidas de escape/emergencia expeditas y con la señalización correspondiente.

- Eliminación de los gases de combustión, mediante un sistema de extracción localizada a la salida del colector de escape y de un sistema de ventilación general de la sala.
- Operar el banco de pruebas desde el exterior de la sala (cuarto de control), si fuera el caso emplear la protección auditiva apropiada para el ingreso a la sala de ensayos.
- Utilizar guantes protectores para la manipulación de fluidos (refrigerantes y combustibles).
- Asegurarse de que los equipos eléctricos se encuentra en perfecto estado, verificando que no existan cables defectuosos o clavijas deterioradas.
- No realizar modificaciones a los dispositivos de seguridad de la instalación y/o equipos originales.
- No energizar los equipos eléctricos cuando estos se encuentren mojados por accidente o cuando el personal encargado se encuentre con las manos o pies mojados.
- Comunicar al personal encargado, de manera oportuna de toda anomalía que se observe en los equipos eléctricos.
- Evitar el deterioro de los cables producto de una mala instalación y/o manipulación (evitar que sean pisados por

vehículos o que sufran cortes o quemaduras por fuentes de calor).

- Cubrir las superficies de calor con materiales aislantes o en su defecto con protectores o resguardos que eviten el contacto con dichas superficies.

Una vez identificados los riesgos, así como las medidas preventivas para evitarlos es importante establecer dos aspectos fundamentales en cuanto a la seguridad del banco de pruebas. El primero, relacionado con el sistema de extinción de incendios y el segundo respecto al sistema de señalización correspondiente a fin de minimizar todo riesgo que pueda producirse cuando se opera el banco de pruebas.

Sistema contra incendios.

Antes de definir el sistema de extinción de incendios más idóneo para el banco de pruebas, es importante identificar primero los diversos tipos de agentes contra incendio que existen para contrarrestar los riesgos ya identificados anteriormente, lo cual se muestra en la Tabla 11, en donde es posible apreciar los agentes extintores más comunes, su forma de extinción y el tipo de fuegos que pueden ser combatidos.

TABLA 11
AGENTES EXTINTORES Y TIPOS DE FUEGO

No.	AGENTE	FORMA DE EXTINCIÓN	TIPO DE FUEGO
1	Dióxido de Carbono (CO ₂)	Enfriamiento. Desplazamiento de O ₂	
2	Polvo Químico Seco (PQS)	Inhibición Química	
3	Halones	Inhibición de la combustión.	
4	INERGEN	Desplazamiento de O ₂	
5	Espuma	Aislamiento del aire.	
6	Agua pulverizada	Enfriamiento	

CLASE A: Madera, papel, cartón, telas, pasto, gomas, caucho, corcho, productos celulósicos, etc.

CLASE B: Nafta, gas oíl, aceites, petróleo, pinturas, derivados del petróleo, gases butano, propano, acetileno, etc.

CLASE C: Se originan en equipos eléctricos, electrónicos, transformadores, motores, tableros, etc.

Si se compara los diversos agentes extintores en función de las capacidades en cuanto al tipo de incendio a combatir versus la clase de equipos y sistemas componentes del banco de pruebas, es posible deducir que el agente extintor más idóneo a seleccionar es el **INERGEN**, debido principalmente a las siguientes consideraciones:

- Existencia de una gran cantidad de equipos y sistemas mecánicos y electrónicos.
- Protección apropiada de personas y de equipos y sistemas costosos.
- El agente cumple con la norma NFPA 2001 ("Norma para sistemas de extinción de incendios mediante agentes limpios").
- El agente esta listado y homologado por la UL.
- Es eficaz ante cualquier tipo de incendio (A, B o C), ya que dentro de la sala reduce la concentración de oxígeno por debajo de los niveles requeridos para la combustión.
- No es toxico ni contaminante del medio ambiente.

El sistema que se requiere comprende el almacenamiento del "INERGEN" en un banco de cilindros de aleación de acero de alta resistencia, el mismo que se encuentra conectado a una red de tuberías y boquillas, dispuestas en el área de trabajo, por medio de una manguera flexible y una válvula cheque. El gas puede ser liberado gracias al empleo de varios tipos de actuadores manuales o automáticos.

La selección técnica de este sistema de extinción del fuego se fundamenta en la aplicación de la Norma NFPA 2001, la misma que establece la ecuación (3.8) para determinar la cantidad de agente extintor que se requiere para lograr una concentración en volumen que garantice el desplazamiento del oxígeno del aire:

$$x = 2.303 \text{ Log}_{10} (100/100-\%IG) \quad (3.8)$$

Donde:

% IG es el porcentaje en volumen de INERGEN

x es el volumen de INERGEN agregado por volumen de espacio.

Se debe tomar en cuenta que el agente extintor deberá ocupar al menos un 40% del volumen de aire del espacio confinado en donde se presenta el fuego, esto con el propósito de que el gas desplace al oxígeno del aire, el mismo que comprende un 21% del volumen del aire.

Siendo así para propósito de nuestro cálculo se ha estimado de manera inicial que la sala de ensayos posee un volumen de 87.22 m³, (4.45 m. x 4.9 m. x 4m) y la sala de control 49.25 m³ (3.35 m. x 4.9 m. x 3m.).

Aplicando la ecuación (3.8) se va a calcular el valor de x.

$$X = 2.303 \text{ Log}_{10} (100/(100-40))$$

$$X = 2.303 \log 1.25 = 0.51$$

Del resultado obtenido se tomará el valor de x, para calcular la cantidad de INERGEN que se requiere para cada una de las salas, lo que arroja un requerimiento de 45 m³ para la sala de ensayos y 25 m³ para la sala de control; el banco de gas inerte debe poseer entonces 70 metros cúbicos de agente extintor.

Un metro cúbico de INERGEN a la presión de almacenamiento de 300 bar tiene una masa de 1.5 kg lo que da como resultado que se necesiten en total 105 kg; en el mercado se encuentran bombonas de INERGEN de 22.5 kg, significando que se requiere para las instalaciones un banco de agente extintor de 5 bombonas (cilindros).

Como fue explicado en párrafos anteriores se deberá distribuir en el caso de ocurrir un incendio, desde un solo banco el agente extintor hacia las dos salas, el gas será inyectado al interior de las salas

mediante el uso de difusores que se dispondrán de acuerdo a lo que explica la norma NFPA 2001, esto puede apreciarse en la figura 3.23.

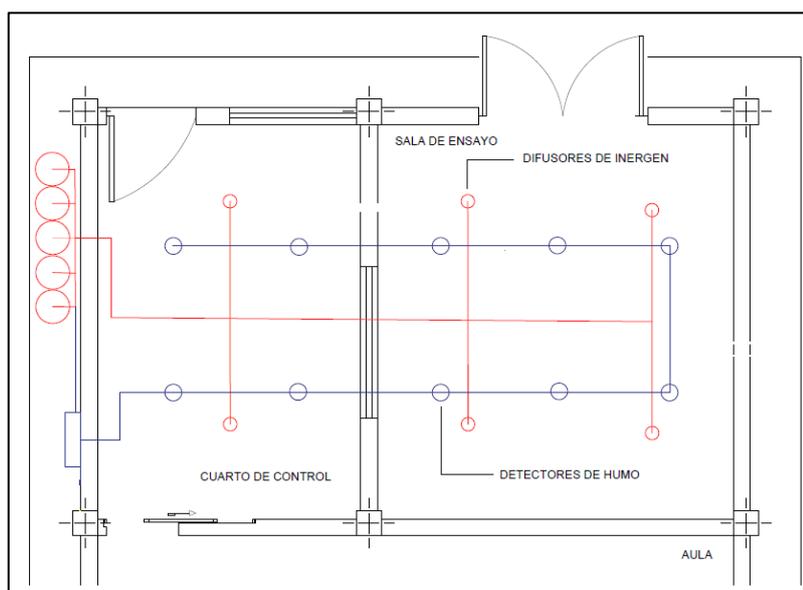


Figura 3.23. Diagrama esquemático del sistema INERGEN

Especificaciones Requeridas:

- Banco de Agente Extintor de Gas Inerte o INERGEN compuesto por 5 bombonas de 22.5 kg.
- Tiempo de Descarga máximo 60 segundos.
- Presión de almacenamiento 300 bar.
- Tipo de Disparo: Manual, automático con sensores de humo y semiautomático para uso durante horas laborales con retardo de 30 segundos y señal luminosa que permita evacuación de las personas.

- 4 sensores de humo en sala de control y 6 sensores en sala de pruebas, con unidad de disparo automático del banco de gas inerte.
- 2 alarmas sonoras interiores y una exterior, 2 alarmas visuales con luz estroboscópica localizadas en la sala de pruebas.
- Dos disparadores manuales del sistema de gas inerte localizados en la sala de control y sala de pruebas respectivamente.

Sistema de señalización.

De igual manera y siendo consecuente con la identificación de riesgos y las medidas preventivas para su minimización, este tipo de instalaciones deben contar con un sistema adecuado de señalización que garantice una fácil identificación y prevención de accidentes.

Para el efecto existen normas aceptadas a nivel internacional donde se establecen las regulaciones en cuanto a seguridad industrial a través o en función del establecimiento de señales y colores que facilitan la identificación de cualquier tipo de riesgo que atente contra la salud e integridad de las personas que laboran habitualmente en un área determinada de trabajo.

Código de colores.

El código de colores empleado en la señalización tiene por objeto estimular una conciencia constante sobre la probabilidad de riesgo en un área de trabajo en particular.

Los colores utilizados en este código tienen un efecto psicológico sobre el ser humano que lo ayudan a identificar con mayor facilidad el riesgo, la Tabla 12 muestra los efectos que produce cada color sobre el individuo.

TABLA 12
EFFECTOS QUE PRODUCE CADA COLOR SOBRE EL
INDIVIDUO

<i>Color</i>	<i>Característica</i>	<i>Efecto</i>
Rojo	Cálido	Estimula el efecto nervioso produciendo pereza, calor, ira.
Azul	Frío	Produce una sensación de suavidad y frío
Verde	Frío	Produce sensación de suavidad y esperanza
Naranja	Cálido	Sensación de fuerza, dureza y alerta.
Morado	Frío	Suavidad y Calma
Amarillo	Caliente	Calor, esplendor, radiación
Blanco	Frío	Limpieza, orden
Negro	Caliente	Deprimir, absorber calor.

Con la finalidad de evitar accidentes o riesgos relacionados con la operación del banco de pruebas se sugiere la colocación de letreros utilizando la señalización y código de colores conforme lo establecido en la Tabla 13.

TABLA 13
CLASIFICACIÓN DE LAS SEÑALES

COLOR	SIGNIFICADO	INDICACIONES	FORMATO
ROJO	Señal de prohibición.	Comportamiento peligroso	Corona circular con una barra transversal superpuesta al símbolo. Color del símbolo en negro y contraste blanco.
	Peligro/alarma de emergencia. Evacuación.	Stop. Parada. Dispositivos de desconexión	
	Material contra incendios.	Identificación y localización	
AMARILLO	Señal de advertencia	Atención, precaución, verificación.	Triangulo de contorno negro. Color del símbolo en negro.
	Atención	Señalización de riesgos (incendio, radiación, toxicidad, etc.)	
AZUL	Señal de obligación	Comportamiento o acción específica. Obligación de uso de equipo de protección individual.	Círculo de color azul sin contorno. Color del símbolo en blanco.
VERDE	Señal de salvamento o auxilio	Puertas, salidas, pasillos, lugares de salvamento o auxilio, locales. Vías de escape, salidas de emergencia, primeros auxilios.	Cuadrado o rectángulo sin contorno. Color del símbolo en blanco.
	Situación de seguridad salvamento y auxilio	Retorno a la normalidad.	

Por lo tanto y en función del código de colores y la descripción de las señales se deberá tomar las siguientes acciones:

- Colocar la señalización de PELIGRO E INFLAMABLE en tanques de combustible, así como también identificar el tipo de combustible almacenado y la capacidad en galones.
- Las tuberías por donde circulan los combustibles se pintarán de amarillo para GLP, AZUL para DIESEL y marrón para GASOLINA con una flecha en negro indicando la dirección del flujo con la correspondiente señalización y/o texto que indique el tipo de combustible.
- Las tuberías por donde circula agua se pintarán de verde con una flecha en blanco indicando la dirección del flujo con la correspondiente señalización y/o texto que indique el tipo de fluido.
- Las tuberías del sistema contraincendios se pintarán de color rojo brillante.
- Se marcará el piso con bandas intercaladas de colores amarillo y negro de 80 mm de espesor en zonas de alto peligro.
- Se colocará la señalización correspondiente a una altura de 1.7 m. del piso, de tal forma que faciliten la identificación de la advertencia, riesgo o localización de vías de emergencia, equipo contraincendios o equipos de primeros auxilios.

Los símbolos a utilizar en la señalización deberán ser acordes con las figuras que se muestran en la figura 3.24, cuyas dimensiones se encuentran normadas a nivel internacional.



Figura 3.24. Señales de seguridad y salud en el trabajo.

Sistema de ventilación y acondicionamiento de aire

El sistema de ventilación de la celda de ensayos a seleccionar deberá garantizar una renovación de aire adecuada y constante durante la operación del banco.

Se deberá entonces, considerar las principales fuentes generadoras de calor con la finalidad de establecer el flujo volumétrico que se deberá renovar con la finalidad de mantener una temperatura adecuada dentro de la celda.

Para el efecto se requiere definir el sistema más idóneo a emplear en función de las características del recinto, principalmente cuando se trata de lugares sin facilidades de circulación natural de aire que contribuya a su ventilación.

Dado que, el realizar un análisis detallado de transferencia de calor de los diversos componentes y fuentes generadoras de calor demandaría mucho trabajo con resultados poco satisfactorios, se empleará entonces un método estimativo de cálculo para determinar el flujo de aire necesario que se requiere renovar debido al calor generado por el motor.

Para el efecto, se realizará la estimación de la distribución de la potencia generada por la combustión en los motores diesel y gasolina de acuerdo a lo determinado en la Tabla 14 y cuyos valores promedio han sido considerados en los cálculos de distribución de potencia presentados en la Tabla 15.

TABLA 14
RANGOS DE CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE EN
MCI

Tipo de motor	Consumo específico (g/kW.h)
Diesel	217 a 272
Gasolina	229 a 353

Fuente: Universidad Agraria de La Habana , Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, La Habana , Cuba, CP: 32700.

TABLA 15
DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA.

TIPO DE MOTOR	DIESEL	GASOLINA	UNIDADES
Consumo específico	245	291	g/kWh
Poder calorífico	10.200	10.750	Kcal/Kg
Potencia del motor	1.000	300	kW
Potencia total	2.493.900	938.475	Kcal/h
Potencia nominal útil	773.109	290.927	Kcal/h
% Potencia útil	31	31	%
Calor disipado en el agua	24	24	%
Calor irradiado al ambiente de instalación agua y aceite	2	2	%
Calor gases de escape	33	33	%
Calor irradiado al ambiente de instalación gases de escape	3	3	%
Calor irradiado del motor al ambiente	7	7	%

Es así que durante la operación del banco de pruebas, la temperatura del ambiente se incrementará hasta llegar al equilibrio entre el calor emitido y el calor que se deba extraer hacia afuera, siendo este último función del aumento de temperatura entre el interior y el exterior del recinto. Por lo tanto, el requerimiento del flujo de aire estará dado por la ecuación (3.9):

$$Q_a = H_L / (C_{esp} \cdot \rho_a \cdot \Delta T) \quad (3.9)$$

Donde:

Q_a es Caudal de aire.

H_L carga total de calor generado al interior de la celda.

ΔT es la diferencia de temperatura entre interior y exterior de la celda, estimada en 15°C.

ρ_a es la densidad del aire.

Si se considera la ecuación (3.10) de los gases como:

$$P_a \cdot 10^5 = \rho_a \cdot R \cdot (t_a + 273) \quad (3.10)$$

Donde:

P_a , es la presión atmosférica en bar.

ρ_a , es la densidad del aire en kg/m^3

R, cte. = 287 J/kg.K

t_a , temperatura del aire en $^{\circ}\text{C}$.

Se obtiene que, en condiciones normales de prueba ($t_a = 25^{\circ}\text{C}$, $P_a = 1,013.25$ mbar), la densidad del aire será de:

$$\rho_a = 1.01325 \times 10^5 / (287 \times 298) \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_a = 1.185 \text{ Kg/m}^3.$$

La carga de calor generada en el interior de la celda, conforme lo establecido en la Tabla 15 será de acuerdo a la ecuación (3.11):

$$H_L = (\text{Potencia Total} \cdot \sum \% \text{ Calor Ambiente}) / 100 \quad (3.11)$$

En donde:

$$H_L = (2,493.900 \times 12) / 100$$

$$H_L = 299,268.00 \text{ kcal/h}$$

El calor específico en condiciones normales ($t_a = 25^{\circ}\text{C}$, $P_a = 1,013.25$ mbar) es: $C_{\text{esp}} = 1,01 \text{ KJ} / \text{kg K}$

Por lo tanto, el flujo de aire requerido será de:

$$Q_a = (299,268.00 \text{ Kcal/h} \times 4.184 \text{ J/cal}) / 1,01 \text{ KJ/Kg K} \times 1.185 \text{ kg/m}^3 \times 15 \text{ K} = 69,746.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con el objeto de renovar esta cantidad de aire, se requiere de un sistema que permita introducir aire fresco y extraer el aire caliente; lo cual se logrará a través de una adecuada selección e instalación de ventiladores y extractores capaces de manejar la circulación de este flujo, manteniendo la temperatura y presión al interior de la celda en condiciones normales, lo cual se logra sobredimensionando en un 20% la capacidad de los impulsores.

Es decir: Q_a del impulsor = 1.2 (Q_a del extractor)

Por lo tanto se deberá seleccionar ventiladores capaces de manejar los siguientes flujos de aire, tanto para la impulsión como para la extracción:

$$Q_a \text{ del extractor} = 69,746.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_a \text{ del impulsor} = 83,695.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

Debido a que unidades con estas características no se consiguen fácilmente ya que ocupan mucho espacio y son de gran tamaño, se opta por unidades menores pero que en conjunto sean capaces de renovar el caudal de aire calculado para el presente proyecto. Es por esta razón que se han seleccionado los equipos descritos en la Tabla 16. (especificaciones en el Apéndice C).

TABLA 16

SISTEMA DE VENTILACIÓN Y EXTRACCIÓN DE AIRE

No.	Equipo	Cantidad	Caudal (m³/h)	Potencia (HP)
1	Impulsor de aire marca SODECA, modelo HCT-90-4T-4	2	37.750	4
2	Extractor de aire marca SODECA, modelo HCT-90-4T-10	2	53.000	10

Como se puede observar, se han seleccionado 2 impulsores y 2 extractores para renovar el caudal de aire en la operación del banco, siendo importante manifestar que para la adquisición de los equipos se deberá prever que los mismos sean compatibles con los voltajes y frecuencias de trabajo propios del país.

Climatización del cuarto de control y aula.

El cálculo para la selección de los acondicionadores de aire para el cuarto de control y el aula se lo realizará de manera práctica mediante la estimación de la capacidad de enfriamiento para mantener una temperatura promedio de 25°C y una humedad relativa del 50%, en función de: las dimensiones de estas dos localidades, el número de personas, los equipos electrónicos y eléctricos, la cantidad de ventanas y la ubicación geográfica en cuanto a su orientación con respecto al sol.

En consideración a lo anteriormente mencionado, a continuación en la Tabla 17 se presenta el procedimiento de cálculo mediante el cual se seleccionará la capacidad de los equipos acondicionadores:

TABLA 17

SUPERFICIE A ACONDICIONAR

Area		Enfriamiento
ft²	m²	BTU's/Hr
75	7	2600
100	9	3350
150	14	5200
200	19	6000
250	23	6900
300	28	7500
350	33	7900
400	37	9000
500	47	10900
600	56	12800
800	75	14900
900	84	17000
1000	93	18000

En la Tablas 18, 19, 20 y 21 se presenta los resultados de los requerimientos de enfriamiento debido a la superficie, número de personas, ventanas y equipos electrónicos respectivamente.

TABLA 18
REQUERIMIENTO CARGA ENFRIAMIENTO POR
SUPERFICIE

Localidad	Dimensiones		Superficie		Enfriamiento (BTU/H)
	largo (m)	ancho (m)	m ²	pie ²	
Cuarto de Control	4.90	3.35	16.42	176.60	6,000.00
Aula	8,50	4,50	38,25	411,51	9.000,00

TABLA 19
REQUERIMIENTO CARGA ENFRIAMIENTO POR
PERSONAS QUE LABORAN

Localidad	Personas	BTU de enfriamiento		Enfriamiento (BTU/H)
Cuarto de Control	2	600.00	BTU/h	1,200.00
Aula	15	600.00	BTU/h	9,000.00

TABLA 20
REQUERIMIENTO ENFRIAMIENTO SUPERFICIE
VENTANAS (1000 BTU/M2)

Localidad	Dimensiones		Superficie		Enfriamiento (BTU/H)
	largo (m)	ancho (m)	m2	pie2	
Cuarto de Control	1,50	1,20	1,80	19,37	1.285,71
	2,00	1,20	2,40	25,82	1.714,29
Aula	1,50	1,20	1,80	19,37	1.285,71
	2,00	1,20	2,40	25,82	1.714,29

TABLA 21
REQUERIMIENTO CARGA ENFRIAMIENTO POR
EQUIPOS ELECTRÓNICOS/ELÉCTRICOS (3414 BTU
POR CADA 1000 W)

Localidad	cant.	Potencia (w)		Enfriamiento (BTU/H)
Cuarto de Control:				
Computador	1	250	250	853,50
Gabinete control	1	800	800	2.731,20
Sistema seg.	1	50	50	170,70
UPS	2	150	300	1.024,20
Luminarias	2	200	400	1.365,60
Aula:				
Laptops/tablets	10	100	1000	3.414,00
Luminarias	4	500	2000	6.828,00
Proyector	1	250	250	853,50

Por lo tanto se obtienen los valores totales que se presentan en la Tabla 22, para el cuarto de control y el aula de clases.

TABLA 22
CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO DE
ACONDICIONADORES.

Recinto:	Cuarto de Control	Aula
Área	6.000,00	9.000,00
Número de personas	1.200,00	9.000,00
Ventanas	3.000,00	3.000,00
Equipos electrónicos	6.145,20	11.095,50
10% exposición al sol	1.634,52	3.209,55
Requerimiento (BTU/h):	17.979,72	35.305,05

Deduciéndose que se requieren dos unidades acondicionadoras de aire: una de 18.000 BTU y otra de 36.000 BTU de capacidad.

3.2 Dimensionamiento del espacio físico.

Una vez determinados los requerimientos de equipamiento del banco de pruebas y sus sistemas componentes, el dimensionamiento del espacio físico será función de los requerimientos ergonómicos y aspectos antropométricos ya que será el ser humano quien finalmente va a laborar en estas áreas de trabajo.

En este contexto se debe que indicar que son las personas quienes van a tener que transitar en estas áreas de trabajo y tener libre accesibilidad, tanto a los componentes principales del banco de pruebas como a sus componentes auxiliares o secundarios que permitirán obtener los parámetros necesarios para el diagnóstico del motor que se esté probando. Es así que existe una exposición de tipo laboral con agentes físicos como la energía mecánica, la energía calorífica y la energía electromagnética, propios de estos ambientes de trabajo.

Por lo tanto y en función de lo anteriormente mencionado el dimensionamiento preliminar de las áreas de trabajo serán determinadas para que los encargados, docentes y estudiantes, que van a trabajar en estas instalaciones, no presenten inconveniente alguno, tanto en las áreas de libre circulación como en aquellas de accesibilidad a los componentes del banco de pruebas.

La distribución del área de trabajo obedecerá a la aplicación concienzuda de los cuatro principios de distribución fundamentales que a continuación son descritos:

Principio de la importancia operacional, el cual asigna espacios destinados al objetivo general del sistema, en este caso del sistema motor-dinamómetro y su sistema de anclaje.

Principio de frecuencia de uso de los componentes, que para el presente proyecto deberá tener en cuenta la disposición de los sistemas y componentes secundarios o auxiliares correspondientes en lugares periféricos al componente principal.

Principio funcional, mediante el cual se agrupan los componentes de acuerdo a la función que desempeñaran en el banco de pruebas, lo cual se evidenciará más adelante.

Principio de secuencia, que no es más que organizar los componentes de tal manera que se asegure un orden en su disposición final, lo cual permitirá seguir un proceso adecuado en el diagnóstico de los motores desde que son ingresados al banco hasta que son entregados.

De manera general, entonces la distribución de las áreas de trabajo, serán determinadas con el dimensionamiento adecuado de los

espacios donde se instalarán finalmente los equipos y sistemas que ya fueron seleccionados anteriormente, en las siguientes áreas:

- Cuarto o celda de ensayo.
- Cuarto de control y aula.
- Acceso principal al cuarto o celda de ensayo.
- Acceso principal al cuarto de control.
- Área de libre tránsito entre el cuarto de control y la sala de ensayo.
- Áreas de acceso a sistemas auxiliares del banco de pruebas.

Así mismo es importante destacar la importancia de la organización del entorno que permita establecer condiciones óptimas para que las personas que laboran en el banco de pruebas tengan un ambiente de trabajo recomendable que garantice su seguridad, confort y bienestar. En este sentido, las áreas de trabajo deberán tomar en consideración los siguientes aspectos:

Control de los niveles de ruido, especialmente de aquel que es generado por el motor de combustión interna y su sistema de escape de gases incluido el silenciador, el cual no deberá sobrepasar los 70

decibelios al interior de la sala de ensayo y los 50 decibelios en la sala de control.

Control de vibraciones a través de una adecuada cimentación.

Control de las condiciones del aire al interior de la sala de ensayos y del cuarto de control a través de un sistema de acondicionamiento de aire que permita mantener su temperatura en 25°C y una humedad relativa del 50%.

Una adecuada iluminación (sistema principal y de emergencia) al interior de la sala de ensayos y el cuarto de control, que garantice una distribución uniforme evitando a la vez la presencia de deslumbramiento directo y por el reflejo.

Señalización, aspecto que ya fue tratado anteriormente.

Distribución de las áreas de trabajo.

Como resultado de la determinación de las áreas de trabajo en función de los equipamientos requeridos para el banco de pruebas, la distribución y el dimensionamiento del espacio físico deberá cumplir con las consideraciones elementales en función de la movilidad, circulación de aire, interferencias, seguridad, manipulación de

equipos, etc., lo cual permitirá una correcta funcionalidad para operar el banco.

De manera general se delimitarán las áreas de trabajo con al menos un metro de espacio despejado alrededor del banco de prueba (sistema motor-dinamómetro) con una altura suficiente de alrededor de los 4 m., que permita la instalación del aparejo y soporte, para la colocación del motor sobre la bancada, así como su manipulación para alinearlos correctamente con el dinamómetro.

No existe una normativa específica en cuanto a la delimitación y dimensionamiento de áreas, sin embargo y en base de las consideraciones ya expresadas y a los requerimientos determinados en la sección anterior en cuanto a la selección de equipos y sistemas a instalar, a continuación (figura 3.25), se presenta la implantación general de las instalaciones correspondientes al presente proyecto:

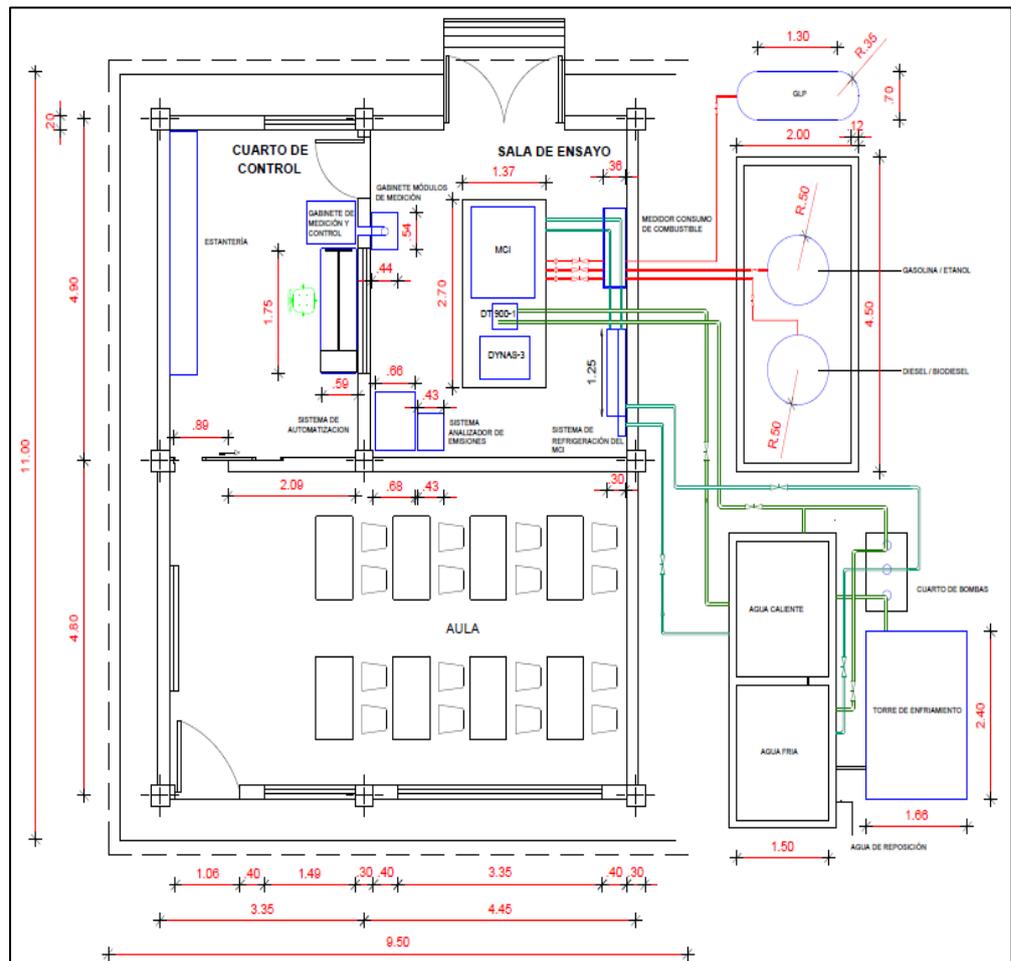


Figura 3.25. Implantación general del banco de pruebas

Consideraciones para la obra civil.

Como parte fundamental de la distribución de las áreas de trabajo, resulta importante señalar ciertas consideraciones especiales que deberán ser tomadas en cuenta en la construcción de la obra civil en donde se realizará el montaje de los sistemas y equipos seleccionados.

En base a lo anteriormente descrito, a continuación se especificarán en la Tabla 23, las características de infraestructura más importantes a considerar:

TABLA 23
CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL PARA EL BANCO DE PRUEBAS.

No.	Elemento	Característica
1	Muros y paredes	Los muros y paredes deberán ser de hormigón armado y recubiertas por aislante térmico y acústico en color blanco mate. Deben soportar cargas impuestas, principalmente del sistema polipasto-viga para el montaje del motor sobre la bancada. Según norma NFPA 37, el espesor deberá ser de al menos 200 mm y capacidad de conraincendios de al menos una hora de contención.
2	Puertas	Las puertas deberán ser construidas con planchas de acero galvanizado y material ignífugo, con atenuación de ruido. Su apertura será hacia el exterior. Deberán estar dotadas por pequeñas ventanillas; permiten el ingreso y egreso de los equipos.
3	Ventana entre la sala de ensayo y el cuarto de control.	El material utilizado en su fabricación es doble cristal de vidrio endurecido y su marco de acero galvanizado de 1.500X1.000X80 mm. a 1100 mm del piso.
4	Piso.	El piso será conformado por una malla de varilla de acero y hormigón armado. Pintura especial, resistente a golpes, antideslizante e ignífuga.
5	Cimentación.	Bloque sísmico de hormigón con malla. Capaz soportar y fijar puntos de apoyo de la bancada, motor y dinamómetro.
6	Techo (tumbado).	Hormigón armado. Similar a los muros y paredes, debe prever soporte para monorriel y polipasto.
7	Foso (ductos).	De hormigón que permita la instalación de ductos, principalmente eléctricos, alrededor del cimiento, tapado por rejillas de acero inoxidable. Dimensiones: 500X400 mm.
8	Iluminación.	Garantiza el suministro de luz suficiente, tanto para la sala de ensayo como para el cuarto de control y aula. Cumplimiento de norma ISO 8995.
9	Acometidas eléctricas	110/220 V. Las requeridas para el cuarto de control y para la alimentación de los equipos del banco de pruebas.
10	Acometidas de agua potable	Para el sistema de enfriamiento del freno hidráulico y los módulos de acondicionamiento.
11	Acometidas de líneas de combustible	Que provea gasolina, diesel, gas y combustibles alternativos.
12	Sistema contra incendio.	Sistema INERGEN.

3.3 Presupuesto Estimado para Ejecución del Proyecto.

El presupuesto del proyecto que a continuación se presenta, incluye aquellos rubros que implican los costes de equipos y sistemas, costes de servicios, costes de la obra civil, sistema contraincendios y las interfaces requeridas para la operación del banco de pruebas.

Presupuesto de equipos y sistemas.

En el Apéndice D “Estimación de costos para la implementación del banco de pruebas”, se presenta todos aquellos ítems de equipos, sistemas y componentes del banco de pruebas descritos en este proyecto, en donde se han tomado en consideración las cotizaciones presentadas por HORIBA ATS y otras empresas, así como información disponible en la internet. Es importante indicar que, en consideración a que la gran mayoría de equipos requieren ser importados; se deberá prever por separado, los costos de honorarios, aduana, impuestos u otros, si fuera el caso.

Presupuesto de servicios.

El presupuesto presentado en relación a los rubros que demanda el proyecto en cuanto a servicios se presenta en el Apéndice D, el mismo que incluye la aceptación de los equipos en la planta (adquisición en el exterior), el montaje de los equipos, sistemas y

demás componentes del banco de pruebas, la puesta en marcha, la capacitación y entrenamiento del personal, manuales de mantenimiento y operación, aceptación del banco en planta, costos de pasajes y subsistencias del personal técnico, entre otros.

Es importante manifestar además que el proveedor de los equipos y servicios relacionados, requiere que la obra civil y las interfaces requeridas para la instalación del banco estén listas, previo el montaje e instalación de los sistemas y equipos, lo cual será considerado en la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto.

De igual manera se deberá prever la presencia del personal de mantenimiento y operación, previamente capacitado, para que participe en las actividades de montaje y puesta en marcha, así como la disponibilidad de un motor de combustión interna para la ejecución de las pruebas correspondientes.

Este presupuesto no considera los rubros correspondientes a los costos de impuestos de importación, transporte, seguros, aduana y otros.

Presupuesto de obra civil e interfaces.

El presupuesto de la obra civil, circunscribe todas las consideraciones y especificaciones, descritas en la tabla 19; así como los costos de materiales y mano de obra para la implantación y construcción de la edificación propuesta en la distribución de las áreas de trabajo del proyecto.

Este presupuesto, Apéndice D, incluye además, todos aquellos trabajos para la construcción y/o montaje de los sistemas y equipos de renovación de aire, enfriamiento de agua, contraincendios, señalética, ventilación de gabinetes y máquina asincrónica, escape de gases, refrigeración del motor, arranque y aceleración del MCI, suministro eléctrico, suministro de combustible, conexiones; entre otros requeridos para el montaje de los equipos principales del banco de pruebas.

Presupuesto total estimado:

El presupuesto total del proyecto involucra los costos de la adquisición de equipos, servicios y la obra civil que incluye los costos estimados para la implementación de las interfaces que requiere el banco de pruebas propuesto en este proyecto.

En la Tabla 24 se presentan los costos globales de los ítems anteriormente indicados.

TABLA 24
ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN
DEL BANCO DE PRUEBAS.

PRESUPUESTO TOTAL ESTIMADO		
No.	Descripción.	PRESUPUESTO
1	Sistemas y Equipos.	\$ 940.647,46
2	Servicios.	\$ 111.050,00
3	Obra civil.	\$ 50.987,92
4	Interfaces.	\$ 15.650,00
SUBTOTAL:		\$ 1.118.335,38
12% IVA:		\$ 134.200,25
TOTAL:		\$ 1.252.535,62

Total: Un millón doscientos cincuenta y dos mil quinientos treinta y cinco 62/100 Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.

3.4 Cronograma de ejecución del proyecto.

Para elaborar el cronograma de ejecución del proyecto se va a utilizar una estructura de desglose de trabajos, también conocida como WBS (Work Breakdown Structure) por sus siglas en inglés, para el efecto se va a utilizar un esquema como se muestra en la figura 3.26.

Como se puede apreciar se han establecido 6 áreas de trabajo principales que son: obra civil, equipamiento, instalaciones, seguridad industrial, procesos y capacitación; cada una de ellas poseen sus propios componentes desglosados en mínimo cuatro y máximo siete paquetes de trabajo que deberán ser completados para cumplir con todos los componentes del proyecto; se ha asignado un número o código a cada paquete con el fin de identificarlo y facilitar la elaboración de los diagramas de RED y GANTT, que serán explicados a continuación, cabe indicar que la estructura del desglose de trabajo no es en sí un cronograma de ejecución, sino que representa en realidad una descripción gráfica del alcance y productos del proyecto que se está formulando; sin embargo será el principal insumo para la elaboración del cronograma.

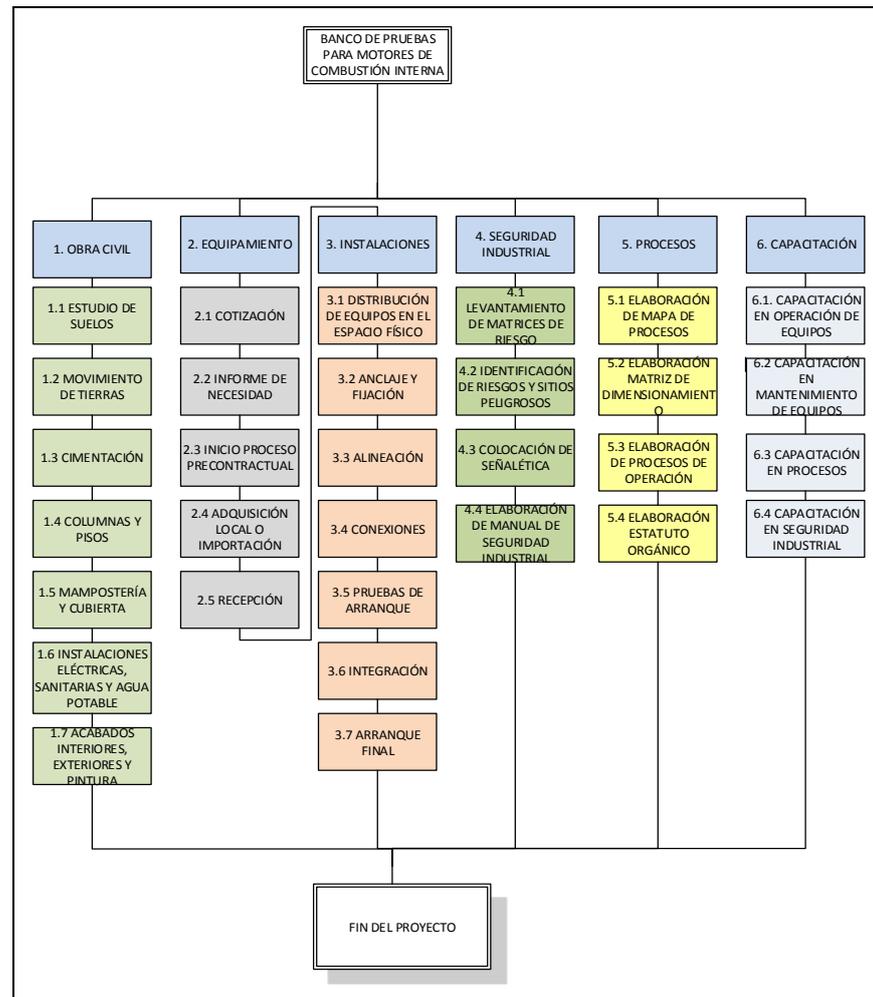


Figura 3.26. Estructura de Desglose de Trabajos para el Proyecto

El segundo paso será establecer la duración de cada uno de los paquetes; para esto se van a considerar los tiempos probables (optimista), menos probable (pesimista) y el más probable (calculado). Para estimar los tiempos señalados es importante realizar un análisis de los recursos con los que se supone se contará para ejecutar las tareas, es decir también influirá el presupuesto

estimado del proyecto; sin embargo para el caso específico de este proyecto se tomará en consideración la experiencia y datos estadísticos de duración de trabajos similares; con esta información se armará un diagrama de RED, en donde se podrá visualizar de manera práctica la duración total del proyecto, la secuencia de ejecución de los paquetes, así como también la ruta crítica del proyecto; esta información servirá para la elaboración del cronograma final empleando un diagrama de GANTT mediante el empleo del utilitario de Microsoft Project.

Estimación de la Duración de los Paquetes de Trabajo.

Como ya fue explicado anteriormente se considerará para calcular el tiempo previsto de ejecución (T_p) de cada uno de los paquetes de trabajo, a los tiempos optimista (a), pesimista (b) y más probable (m), utilizando para el efecto la ecuación (3.11):

$$T_p = (a + 4m + b) / 6 \quad (3.11)$$

A continuación la estimación de tiempos para cada paquete de trabajo, los tiempos se expresan días (jornada laborable de 8 horas):

Obra Civil.

- 1.1 Estudio de suelos: $a = 3$, $b = 7$, $m = 6$, $T_p = 5.66$; 6 días.
- 1.2 Movimiento de tierras: $a = 7$, $b = 12$, $m = 10$, $T_p = 10.83$; 11 días.
- 1.3 Cimentación: $a = 12$, $b = 16$, $m = 14$, $T_p = 15$ días.
- 1.4 Columnas y pisos: $a = 15$, $b = 21$, $m = 18$, $T_p = 19.5$; 20 días.
- 1.5 Mampostería y cubierta: $a = 22$, $b = 30$, $m = 25$, $T_p = 27.8$; 8 días.
- 1.6 Instalaciones eléctricas, sanitarias y agua potable: $a = 15$, $b = 21$, $m = 18$, $T_p = 19.5$; 20 días.
- 1.7 Acabados interiores, exteriores y pintura: $a = 15$, $b = 18$, $m = 16$, $T_p = 17.1$; 17 días.

Equipamiento.

- 2.1 Cotización: $a = 5$, $b = 12$, $m = 7$, $T_p = 10$ días.
- 2.2 Informes de necesidad: $a = 5$, $b = 9$, $m = 7$, $T_p = 8$ días.
- 2.3 Inicio proceso precontractual: $a = 14$, $b = 25$, $m = 12$, $T_p = 21$ días.
- 2.4 Adquisición local o importación: $a = 14$, $b = 25$, $m = 12$, $T_p = 21$ días.
- 2.5 Recepción de equipos: $a = 1$, $b = 4$, $m = 2$, $T_p = 3$ días.

Instalaciones.

- 3.1 Distribución de equipos en espacio físico: $a = 3$, $b = 8$, $m = 4$, $T_p = 5.16$; 5 días.
- 3.2 Anclaje y fijación de equipos: $a = 3$, $b = 7$, $m = 6$, $T_p = 5.66$; 6 días.
- 3.3 Alineación: $a = 3$, $b = 7$, $m = 6$, $T_p = 5.66$; 6 días.
- 3.4 Conexiones: $a = 3$, $b = 5$, $m = 4$, $T_p = 4.5$; 5 días.
- 3.5 Pruebas de arranque: $a = 3$, $b = 6$, $m = 5$, $T_p = 5.33$; 5 días.
- 3.6 Integración: $a = 3$, $b = 12$, $m = 8$, $T_p = 9.83$; 10 días.
- 3.7 Arranque final: $a = 2$, $b = 4$, $m = 3$, $T_p = 3.5$; 4 días.

Seguridad Industrial.

- 4.1 Levantamiento de matrices de riesgo: $a = 5$, $b = 9$, $m = 7$, $T_p = 8$ días;
- 4.2 Identificación de riesgos y sitios peligrosos: $a = 2$, $b = 4$, $m = 6$, $T_p = 4$ días.
- 4.3 Colocación de señalética: $a = 3$, $b = 6$, $m = 4$, $T_p = 5.16$; 5 días.
- 4.4 Elaboración de manual de seguridad industrial: $a = 3$, $b = 12$, $m = 8$, $T_p = 9.83$; 10 días.

Capacitación.

- 5.1 Capacitación operación equipos: $a = 4$, $b = 7$, $m = 5$, $T_p = 6.16$; 6 días.
- 5.2 Capacitación en mantenimiento de equipos: $a = 10$, $b = 14$, $m = 12$, $T_p = 13$ días.
- 5.3 Capacitación en procesos: $a = 5$, $b = 8$, $m = 6$, $T_p = 7.16$; 7 días.
- 5.4 Capacitación en seguridad industrial: $a = 5$, $b = 8$, $m = 6$, $T_p = 7.16$; 7 días.

Procesos.

- 6.1 Elaboración de mapa de procesos: $a = 8$, $b = 12$, $m = 9$, $T_p = 10.83$; 11 días.
- 6.2 Elaboración matriz de dimensionamiento: $a = 12$, $b = 21$, $m = 15$, $T_p = 18.5$; 10 días.
- 6.3 Elaboración de procesos de operación: $a = 8$, $b = 15$, $m = 10$, $T_p = 13$ días.
- 6.4 Elaboración de estatuto orgánico: $a = 15$, $b = 21$, $m = 18$, $T_p = 19.5$; 20 días.

Diagrama de Red

A continuación se presenta en la Tabla 25, un resumen de los paquetes de trabajo con su duración y establece el paquete o

paquetes predecesores que deberán ser ejecutados; esto ayudará a la elaboración del diagrama de red que indicará la secuencia de ejecución y el cálculo de la duración total del proyecto, ruta crítica y holguras que se presenten.

TABLA 25
PAQUETES DE TRABAJO, DURACIÓN Y TAREAS
PREDECESORAS.

CODIGO	TAREA	Tiempo Probable de Ejecución	PREDECESORAS
1.1	Estudio de suelos	6	
1.2	Movimiento de tierras	11	1.1
1.3	Cimentación	15	1.2
1.4	Columnas y pisos	20	1.3
1.5	Mampostería y cubierta	8	1.4
1.6	Instalaciones eléctricas, sanitarias y agua potable	20	1.5
1.7	Acabados interiores, exteriores y Pintura	17	1.6
2.1	Cotizaciones	10	
2.2	Informes de necesidad	8	2.1
2.3	Proceso precontractual	21	2.2
2.4	Adquisición local o importación	21	2.3
2.5	Recepción equipos	3	2.4
3.1	Distribución de equipos en espacio físico	5	1.7; 2.5
3.2	Anclaje y fijación	6	3.1
3.3	Alineación de equipos	6	3.1
3.4	Conexiones	5	3.3
3.5	Pruebas de arranque	5	3.4
3.6	Integración de equipos	10	3.4; 3.5
3.7	Arranque final	4	3.6
4.1	Levantamiento de matrices de riesgo	8	1.7; 3.1

4.2	Identificación de riesgos y sitios peligrosos	4	4.1
4.3	Colocación de señalética	5	4.2
4.4	Elaboración de manual de seguridad industrial	10	4.1, 4.2
5.1	Capacitación en operación de equipos	6	2.4
5.2	Capacitación en mantenimiento de equipos	13	2.4
5.3	Capacitación en procesos	7	
5.4	Capacitación en seguridad industrial	7	
6.1	Elaboración de mapa de procesos	11	4.4, 5.1, 5.2, 5.3
6.2	Elaboración matriz de dimensionamiento	10	6.1
6.3	Elaboración procesos de operación	13	2.4, 5.3
6.4	Elaboración de estatuto orgánico	20	6.3

Empleando los paquetes de trabajo mencionados, considerando el tiempo probable de ejecución y una vez establecida la secuencia en la que se irán desarrollando; se procedió a armar un diagrama de red, el mismo que se presenta en la figura 3.27.

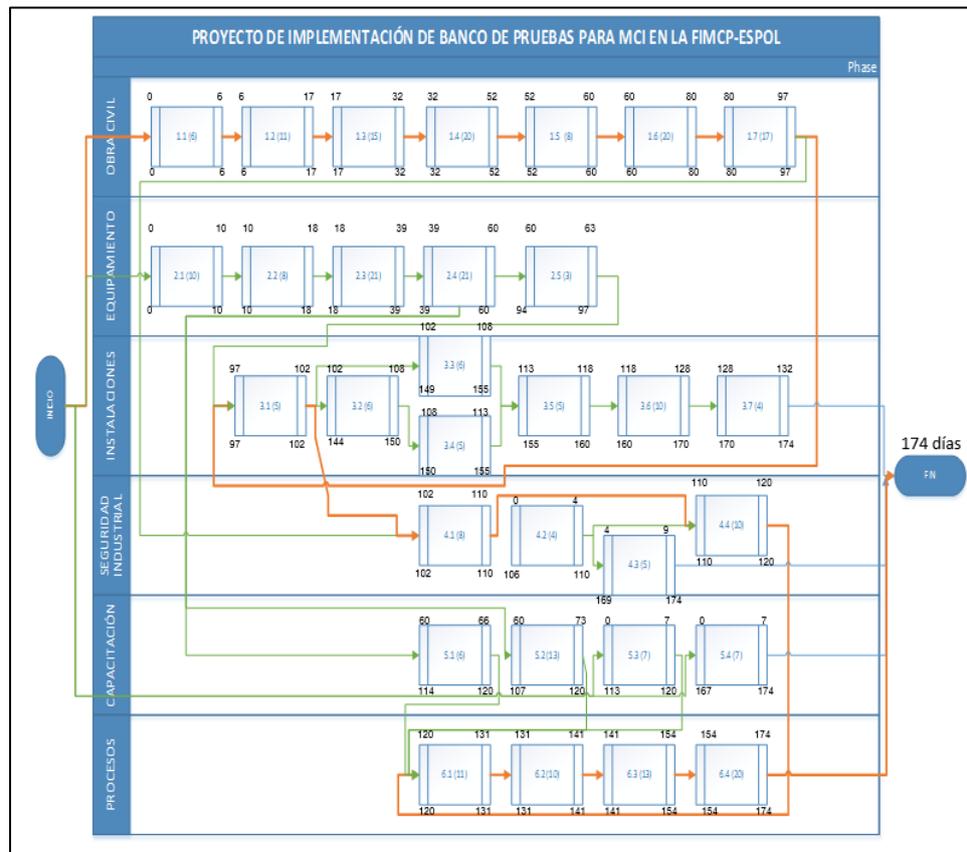


Figura 3.27. Diagrama de Red

En el diagrama se puede observar que cada paquete de trabajo es representado por un rectángulo identificado por su respectivo código y por el tiempo probable de ejecución; en la parte superior de los paquetes se visualizan los tiempos más tempranos de inicio y de finalización de cada tarea y en sus esquinas inferiores los valores de tiempo de inicio y finalización más tardíos, esta información y sumatoria de tiempos ha permitido establecer el tiempo de duración del proyecto que es de 174 días; y la ruta crítica que es aquella cuya

diferencia entre los tiempos más tardíos de inicio y finalización con los más tempranos es cero; en la figura 3.27 se puede observar que la ruta crítica se encuentra resaltada con color naranja; con la información obtenida del diagrama de red y los cálculos de tiempo de duración del proyecto y ruta crítica se elaborará el diagrama de GANTT, empleando el utilitario Microsoft Project, el mismo que se presenta en el Apéndice E.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La culminación del presente trabajo final de graduación recoge y expone las conclusiones a las que se ha llegado producto del desarrollo metodológico y técnico realizado; partiendo del objetivo central de entregar la formulación de un proyecto para la implementación de un banco de pruebas para MCI dentro de las instalaciones de la facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la ESPOL; como un aporte complementario a lo entregado se presenta recomendaciones que faciliten o permitan la continuidad del presente y otros proyectos relacionados que revisten gran importancia en la formación de los alumnos de Ingeniería Mecánica y carreras afines.

4.1 Conclusiones.

1. La formulación del proyecto cuyo propósito es el de dotar a la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción la capacidad de realizar de manera adecuada y

segura: realizar prácticas de laboratorio; desarrollar investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI; realizar pruebas, evaluaciones y estudios técnicos y de tecnología del control de emisiones contaminantes en MCI; ha sido realizado de manera completa e integral gracias a la utilización de la metodología del Marco Lógico como herramienta principal; siendo también importante el aporte de metodologías de análisis y toma de decisiones como el análisis FODA y herramientas de planificación y gestión de proyectos, como son la estructura de desglose de trabajos, diagramas de Red y Diagramas de Gantt; todas ellas han sido utilizadas para permitir entregar toda la documentación que respalda una formulación adecuada y eficaz del proyecto en mención.

2. La selección técnica de equipos, componentes y sistemas que conforman el Banco de Pruebas mediante el desarrollo de ingeniería básica, como el caso de la selección de bombas para los diferentes circuitos hidráulicos; dimensionamiento de los sistemas de ventilación y aire acondicionado; dimensionamiento del sistema contra incendios y dimensionamiento preliminar de las obras civiles han permitido

que se pueda entregar especificaciones técnicas detalladas y respaldadas por cálculos ingenieriles de todos los componentes que se requieren para la ejecución del proyecto, complementándose todo esto con una adecuada planificación del presupuesto y cronograma que en último término facilitará su ejecución.

4.2 Recomendaciones.

1. A las autoridades de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción se recomienda considerar al proyecto formulado como una prioridad, a fin de que se gestione su financiamiento y posterior ejecución para que se materialicen los resultados esperados y de esta manera lograr las metas de contribuir con la comunidad científica, técnica y con el sector productivo del Ecuador en el área de MCI, al ofrecer un centro de investigación y desarrollo de tecnología, así como también entregar profesionales en la rama de la Ingeniería Mecánica con sólidos conocimientos teórico-prácticos de combustión interna, suficientes para su inclusión inmediata en el campo laboral y de la investigación.

2. A los alumnos e investigadores de la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, que sientan que el presente trabajo tiene por objeto contribuir con el interés por la investigación y el desarrollo de estudios de los MCI, se les exhorta que profundicen la investigación y la formulación de nuevos proyectos que fortalezcan la preparación de los Ingenieros Mecánicos en el campo de la combustión interna, fuente de energía convencional que es la más utilizada a nivel global.

APÉNDICES

APÉNDICE A

“MATRIZ DE INVOLUCRADOS”

CATEGORIA	INVOLUCRADOS	INTERESES	RECURSOS	MANDATOS	PROBLEMAS
CLIENTES INTERNOS	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.	Incrementar la investigación, mejorar la calidad de la educación, aumentar oportunidades laborales mediatas e inmediatas, aumentar mercado de estudios y proyectos medio ambientales en el sector público y privado	Talento Humano, alumnos e investigadores	Desarrollar Investigación, Aplicar conocimientos.	Limitaciones en realización de clases prácticas y experimentación en MCI
	Centro de Estudios del Medio Ambiente		Talento Humano, Investigadores.	Ofrecer servicios de auditorías energéticas, caracterización de contaminantes y estudios de impacto ambiental.	No se realizan estudios ni investigaciones en el campo de MCI por falta de infraestructura.
	Instituto de Ciencias Químicas y Ambientales.		Talento Humano, Investigadores.	Generación de conocimiento, investigación y educación superior en ciencias químicas y ambientales y protección del medio ambiente	Limitaciones por falta de Infraestructura.
CLIENTES EXTERNOS	Talleres De Reparación, Reconstrucción Y Modificación De Motores De Combustión Interna	Aumentar ventas y servicios con calidad a sus usuarios, probar y experimentar modificaciones y reconstrucciones, aumentar mercado.	Capital, conocimientos técnicos y empíricos, asesoramiento.	Control de calidad y certificación de trabajos realizados	Resistencia al cambio
	Otras instituciones educativas	Mejorar la educación práctica y experimental de sus alumnos en Motores de Combustión Interna.	Conocimiento, capital, talento humano	Educación de excelencia	
	Entidades gubernamentales	Promover investigación científica e innovación tecnológica, búsqueda de excelencia educativa y modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado para la población ecuatoriana, normar y controlar el impacto ambiental de los MCI, Incrementar la Investigación o estudios ambientales por uso de motores de combustión interna en áreas sensibles, reservas ecológicas, ciudades, etc.	Capital, personal técnico en normas ambientales, difusión y marketing del proyecto.	Objetivos Nacionales permanentes para el Buen Vivir. Políticas de Estado Normar el uso e impacto ambiental de MCI.	
	DIRECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL MUNICIPIO DE GUAYAQUIL	Estudiar el impacto ambiental de los MCI de uso vehicular y estacionarios de la industria en la ciudad de Guayaquil, Establecer Normas para mitigar el nivel de emisiones contaminantes de los motores de vehículos y estacionarios, Realizar mediciones.	CAPITAL	Normar el uso e impacto ambiental de MCI en la ciudad, ordenanzas municipales	

APÉNDICE B

“MATRIZ DE MARCO LÓGICO”

Resumen Narrativo de Objetivos	Indicadores <i>Verificables Objetivamente</i>	Medios de Verificación	Supuestos
META			
Contribuir con la comunidad Científica, Técnica y con el sector Productivo del Ecuador en el Área de Motores de Combustión Interna al ofrecer un centro de investigación y desarrollo de tecnología y entregar profesionales en la rama de la Ingeniería Mecánica con conocimientos teórico-prácticos de Combustión Interna suficientes para su empleo inmediato en el campo laboral	Incremento en el índice de la investigación científica y técnica en el campo de los motores de combustión interna a nivel local y regional. Aceptable índice de empleo de Ingenieros Mecánicos en la industria automotriz y de motores de Combustión Interna en General	Registros de Investigaciones científicas y técnicas formales por parte de CENASCYT, realizadas en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas y Región Costa ecuatoriana. Registros de Empleos ocupados por profesionales de la rama de la Ingeniería Mecánica realizados por el INEC. Estadísticas del CEPROEM-ESPOL	Sustentabilidad, sostenibilidad y continuidad de proyectos por parte del Gobierno de la República y de sus instituciones, que fomenten el desarrollo de la investigación en áreas no explotadas como la construcción de MCI.
PROPÓSITO			
Poseer la capacidad de realizar de manera adecuada y segura: Prácticas de laboratorio, investigación de nuevas tecnologías y mejoras de desempeño de MCI; Pruebas, evaluaciones y estudios técnicos de control de emisiones contaminantes de MCI	Expectativas de realizar test de funcionamiento y desempeño, construcción de curvas características y análisis de gases y emisiones de motores de combustión interna diésel o gasolina, nuevos, prototipos, recién reparados, reconstruidos, modificados o preparados para competencia de entre 100 y 2000 HP. Expectativas de desarrollar investigación en desempeño de motores utilizando varios tipos de combustibles: fósiles, bio-combustible, gas, hidrógeno, etc. Banco de Pruebas cumpla con todos los estándares de desempeño de MCI y normas de seguridad industrial y salud ocupacional exigidos para su correcto funcionamiento y desempeño técnicos.	Registros y certificados de pruebas de desempeño, curvas de caracterización y certificados de análisis de emisiones realizadas a motores. Registros y certificados de pruebas de desempeño y emisiones realizadas a motores, utilizando varios combustibles, gas, hidrocarburos fósiles, bio-combustibles, hidrógeno, etc. Estándares nacionales e Internacionales para pruebas de desempeño de MCI, normas de seguridad industrial y salud ocupacional aplicables a este tipo de instalaciones.	Se dé paso a la evaluación, análisis de fiabilidad, inicio, planificación y ejecución del proyecto formulado en la ESPOL.
RESULTADOS			
Banco de Pruebas, implementado y adecuado para la realización de tareas y trabajos de laboratorio con MCI, con equipos y sistemas modernos de análisis y caracterización de MCI, que garantice la seguridad y salud de alumnos, investigadores e instructores y su correcto funcionamiento.	Instalaciones, equipos y Sistemas que conforman el banco de pruebas para MCI, funcionando en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la ESPOL, Capacidad de generar reportes de emisiones, certificados de curvas de desempeño y caracterización de potencia y torque máximos, nivel de consumo de combustible y análisis de desempeño y eficiencia.	Inspección Visual de Instalaciones. Revisión de Manuales e Información Técnica de Capacidades de Equipos y Sistemas, Revisión de Documentos de reporte de pruebas y caracterización realizadas en el banco de pruebas, legalizado por la autoridad competente.	ESPOL Y FIMCP obtengan financiamiento para la ejecución del proyecto y se ejecute la construcción e implementación del banco de pruebas. Autoridades de la FIMCP, asignen un espacio físico para la construcción, instalación e implementación del Banco de Pruebas. Exista la apertura de otras instituciones externas para la realización de visitas técnicas,

Personal de Planta e Instructores, preparados y capacitados en la operación de sistemas y equipos del Banco de Pruebas.	Curso de capacitación sobre manejo y operación de equipos.	Certificados de Capacitación en operación y mantenimiento de Equipos y Sistemas, emitidos por los fabricantes de los equipos.	conferencias o desarrollo de estudios o investigación. Contratación para Adquisición de Equipos y Sistemas, incluya en sus bases técnicas, la capacitación de personal en operación y mantenimiento.
Procesos y procedimientos de operación, pruebas, experimentación, clases y prácticas a realizarse en el banco de pruebas plenamente establecidos.	Seguimiento y Cumplimiento de Procesos y procedimientos por parte de Instructores y encargados, alumnos e investigadores.	Revisión y Aprobación de Manuales de Procesos y Procedimientos del Banco de Pruebas por parte del Consejo Politécnico o Autoridad Competente.	
Incremento del nivel de conocimiento teórico-práctico en funcionamiento, desempeño y diagnóstico de MCI de los alumnos de la carrera de Ingeniería en Mecánica de la ESPOL.	Mayor número de pasantías de estudiantes y egresados en el campo de la combustión interna, mayor número de ingenieros recién graduados o egresados empleados en el mercado laboral de la industria, ventas, postventa y mantenimiento de MCI.	Registros de Pasantías Realizadas por estudiantes de la ESPOL en industrias y comercios dedicadas a la Combustión Interna. Registros de Ofertas laborales de empresas dedicadas a la fabricación, venta y mantenimiento de MCI para ingenieros recién graduados o egresados archivados por CEPROEM o INEC.	
ACTIVIDADES			
Iniciar Proceso de Contratación Pública para la construcción de obras civiles del espacio físico destinado al banco de pruebas.	Ofertas, actas de adjudicación y contrato firmado con cualquier empresa o constructora nacionales para la construcción de la obra civil del banco de pruebas que cumplan con las especificaciones técnicas y requerimientos presentados.	Revisión, adjudicación y firmas de contratos, designaciones de fiscalizadores, etc	Exista financiamiento suficiente para la ejecución de las actividades del proyecto. Exista apertura por parte de otras empresas o entidades externas para realizar visitas técnicas o charlas de difusión. Se den todos los procesos de contratación pública necesarios para ejecución de obras civiles y adquisición de equipos y sistemas
Construcción de obra civil para el espacio físico del banco de pruebas.	Obra civil de acuerdo a especificaciones y requerimientos de espacio físico y funcionalidad para la implementación del banco de pruebas, registros en libro de obras, informes de fiscalizadores de obra civil.	Inspecciones físicas de avance de obra, revisión de libros de avance de obra e informes de fiscalizadores de obra civil.	
Cotizar sistemas y equipos necesarios y suficientes para la implementación y operación del banco de pruebas, que incluya capacitación en operación y mantenimiento de equipos y certificación en análisis de resultados de las pruebas.	Cotizaciones presentadas por fabricantes nacionales o extranjeros o sus representantes para proveer equipos y sistemas para el banco de pruebas que cumplan con las especificaciones técnicas y requerimientos presentados.	Revisión de las especificaciones técnicas y requerimientos presentados en la formulación del proyecto y compararlos con los presentados por los oferentes.	
Adquirir e Importar Equipos y sistemas necesarios para la instalación e implementación del Banco de Pruebas.	Procesos de Compra, Códigos de Importación, de acuerdo a la Ley de Contratación Pública.	Revisión de Documentos de Procesos de compra e importación de equipos.	
Adecuar el Espacio Físico, interno y externo construidos para la instalación de la Planta.	Obra civil recién construida se encuentra limpia y lista con todos sus servicios básicos para iniciar la implementación e instalación de equipos y sistemas del Banco de pruebas.	Inspección visual y física de la obra civil, informe de avance del proyecto realizado por el Gerente del Proyecto.	
Realizar capacitación en operación y mantenimiento de equipos y certificación en análisis de resultados de las pruebas.	Actas de registro y aprobación de curso de capacitación, informe técnico de personal capacitado.	Aprobación de Informes técnicos de personal que recibió la capacitación por parte de autoridades competentes.	
Instalar y probar Equipos.	Equipos físicamente instalados dentro del espacio físico del banco de pruebas.	Inspección visual y física a las instalaciones, registrado en el informe de avance por parte del Gerente del Proyecto.	

Identificar y Elaborar un Manual de Procesos y Procedimientos para el funcionamiento del Banco de Pruebas, considerando procesos administrativos, operativos y de soporte.	Manual de Procesos y Procedimientos para el funcionamiento del Banco de Pruebas.	Revisión y Aprobación mediante actas, del Manual de Procesos y Procedimientos para el funcionamiento del Banco de Pruebas por parte de las autoridades competentes.
Realizar ajustes finales, integración de equipos y Optimizar los procesos de operación, actas de entrega-recepción y protocolos finales de pruebas.	Actas de Entrega-Recepción de Obras Civiles, Protocolos de Pruebas e Integración de Equipos y Sistemas.	Evaluación Final de la Ejecución del Proyecto, aprobación y legalización de Actas de Entrega-Recepción y Protocolos de Pruebas por parte de las autoridades competentes.
Establecer medidas de seguridad industrial, señalética y obligatoriedad de uso de prendas de protección personal para ingreso y utilización del banco de pruebas.	Guía o Manual de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional aplicable para el Banco de Pruebas.	Evaluación de Avance del Proyecto y Aprobación del Manual de Seguridad Industrial por parte del Gerente del Proyecto y autoridades de la FIMCP.
Realizar Ajustes de sistemas de ventilación y aislamiento acústico para minimizar emisiones contaminantes y niveles de ruido dentro de las instalaciones.	Informe sobre avance del proyecto y trabajos realizados en ajustes de ventilación y aislamiento.	Revisión y aprobación del avance del proyecto por parte del Gerente del Proyecto.
Realizar mediciones de nivel de ruido en sala de pruebas y sala de control mediante equipos y personal certificados.	Informe de resultado de emisiones sonoras emitido y certificado por un laboratorio competente.	Revisión y Aprobación de Informes recibidos, acciones tomadas por el Gerente de Proyecto para solucionar novedades si existen.
Realizar Mediciones de calidad del aire, emisiones contaminantes al interior de la sala de pruebas y sala de control mediante equipos y personal certificados.	Informe de resultado de emisiones contaminantes y calidad del aire emitido y certificado por un laboratorio competente.	Revisión y Aprobación de Informes recibidos, acciones tomadas por el Gerente de Proyecto para solucionar novedades si existen.
Elaborar planes de mantenimiento Preventivo y Predictivo para todos los equipos y sistemas del banco de pruebas	Planes de Mantenimiento Preventivo y Predictivo detallados para todos los sistemas y equipos que forman parte del banco de pruebas.	Inspección, revisión y aprobación de manuales de mantenimiento preventivos y predictivos para el banco de pruebas.
Puesta en marcha del banco de Pruebas	Banco de Pruebas Operando correctamente	Visita, inspección visual, primer informe de resultados de análisis de MCI
Publicar un artículo científico sobre el avance y desarrollo del proyecto para ser publicado en diarios y revistas técnicas de circulación interna de la ESPOL y a nivel nacional.	Existe la socialización y difusión del proyecto a nivel interno, local y regional	Lectura y revisión de Artículo publicado en medios de comunicación escritos, internos, locales y nacionales para su difusión.

APÉNDICE C

“ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS”

1. DINAMÓMETRO DYNAS3 LI460+ DT 900-1*

Scope of Supply	Quantity
Drive and Load Unit Dynas₃	
Three-phase asynchronous machine LI460, externally ventilated	1
Speed measuring unit : Speed encoder 512 Pulses/revolution	1
Frequency converter consisting of: - Supply circuit - Power filter - Inverter - AC-machine connection - Power supply measuring cabinet	1
Hydraulic Dynamometer DT 900-1	
Dynamometer DT 900-1 for 1 directions of rotation, with trunnion bearings	1
Torque measuring unit load cell	1
Speed measuring unit with pulse generator and 60-teeth wheel	1
Intermediate frame for center height 800mm	1
Power supply unit	1
Basic cable set	1
Installation material for frame	1

Tandem Extensions	
Machine frame for asynchronous machine Dynas ₃ and hydraulic dynamometer	1
Coupling with shaft guard between asynchronous machine and hydraulic dynamometer	1
Coupling with shaft guard between hydraulic dynamometer and bearing	1
Outrigger bearing	1
Torque measuring flange with integrated speed acquisition, assembled to the outrigger bearing	1

Technical Data	
Directions of rotation	1
Rated torque [Nm]	6.500
Rated power [kW]	1360
Speed [rpm]	9.000
Moment of inertia aprox.[kg/m ²]	
Measuring accuracy speed [U/min]	± 1, but not lower than 0,025 % of rating
Measuring accuracy torque [%]	Accuracy class 0,2 (related to full scale)
Length of cable set [m]	15
Colour	RAL 7035

Interface	
Hydraulic Dynamometer DT 900-1	
Cooling water supply:	
- Water requirement at a temperature difference (outlet temp. – inlet temp.) of 30°C temperature difference [m ³ /h]	25,8
- Water pressure in front of dyno [bar] max.	max 0.6

Dynas₃ LI460	
Power supply converter cabinet: - Connected Power [kVA] - Line voltage [V] - Voltage tolerance - Frequency [Hz]	400 3/PEN 400 V AC ±10 % 50 (60 on request)
Converter cabinet: - Cooling air requirement [m ³ /h] - Cooling air temperature [0C] - Max. relative air humidity condensation not permissible) - Power loss [KW]	4500 +5...+40 85 % at 28 °C 30
Dynamometer: - Cooling air requirement [m ³ /h] - Cooling air temperature [0C] (condensation not permissible) - Power loss [KW]	1350 -30...+40 13
Power supply outlet for measuring system	1/N/PE 230 V AC, 16 A
Shaft height [mm]	800mm

2. Controlador digital SPARC^{E*}

Scope of Supply	Quantity
19" 4HU controller rack with power supply unit	1
PC 104 CPU module	1
PC 104 power module	1
PC 104 CAN communication module	1
PC 104 dyno and engine I/O module	1
Dyno interface board, preconfigured I/O: <ul style="list-style-type: none"> - 6 digital inputs - 4 digital outputs - 1 safety digital output - 1 analogue input - 3 analogue outputs - 2 pulse inputs - 1 bridge input 	1
Engine interface board, preconfigured I/O: <ul style="list-style-type: none"> - 6 digital inputs - 4 digital outputs - 1 safety digital output - 4 analogue inputs - 2 analogue outputs - 1 pulse input 	1
CAN bus interfaces, intended for <ul style="list-style-type: none"> - 1 connection to test stand automation - 1 connection to ECU - 1 connection to throttle sensor simulation hardware, connection to operator panel and additional I/O functions 	3

RS232 service interface	1
SPARC operating panel	1
<ul style="list-style-type: none"> - 7" LCD for numerical display of torque, speed, throttle position, power and control mode - 3 digital demand value potentiometers - 5 pre-configured function keys - 8 available function keys (F1-F8), programmable - emergency-stop button 	
RS232 service interface	1
Line cord	1

Basis controller Software (M, n, ...)	1
Flash card	1
Documentation: <ul style="list-style-type: none"> - Operating Manual - Commissioning Manual (including interface diagrams) - System Manual 	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Color	RAL 7035 light grey
Material front panel	aluminum (AlMg)
Supply voltage [V AC]	110 / 230
Supply voltage deviation [V AC]	100 - 240
Mains frequency [Hz]	50 / 60
Max. mains frequency deviation [%]	± 5
Power consumption nominal [W]	150
Connector type	IEC 320 C14 (male)

Steady-state control deviation torque [%]	<p><u>with Dynas₃:</u> $< \pm 0.17$ in relation to maximum measuring value</p> <p><u>with hydraulic brake DT-series / with eddy current dynamometer E-/ W-series:</u> ± 1 in relation to maximum measuring value</p> <p><u>with eddy current dynamometer WT-series:</u> $\pm 0,6$, in relation to maximum measuring value</p>
---	--

Steady-state control deviation speed [rpm]	<p><u>with Dynas₃:</u> ± 1 max. 0.25 ‰ in relation to maximum measuring value n_{\max},</p> <p><u>with hydraulic brake DT-series / with eddy current dynamometer E-/W-series:</u> ± 10</p> <p><u>with eddy current dynamometer WT-series:</u> ± 3</p>
--	--

Dimension measuring rack	4 HU / 19" acc. to DIN 41494-1 dimensions for 19" racks
Installation depth [mm]	360
Weight [kg]	10
Ambient conditions	
Temperature range at operation [°C]	0..40
Relative air humidity	Class F (DIN 40050) max. 95% at 30 days/year, no condensing

Electrical connections	details see specification
Protection class housing acc. to EN 60529	IP 10 (with equipped back panel)
Refer to technical specification	Test Stand Controller SPARC ^E

Interface	
Connection to test stand automation	CAN bus, RS232 or Ethernet interface
AI, Analogue In	Voltage: +/- 10V differential Resolution: 16 bit Accuracy: 0.1% MBE
AO, Analogue Out	Voltage: +/- 10V Current: +/- 20mA @ 500 Ohm Resolution: 16 bit Quiescent state: 0 V, 0 mA
DI, Digital In	Galvanic isolated: 10-30 V; 0-0.8 V
DO Digital Out	Relay contact: 250 VAC, 8 A Quiescent state: Open

SO, Safety Output	Redundant relay contact: 250 VAC, 8 A Quiescent state: Open
Dyno speed acquisition	1 or 2-phase encoder Max. frequency: 500 kHz Resolution: 16 bit Inputs: RS422, 5-24 V; open collector
Dyno torque acquisition	Max. frequency: 500 kHz Resolution: 16 bit Inputs: RS422, 5-24 V
Bridge input signal	DMS full bridge, 2mV/V Excitation: 10V @ 5kHz Resolution: 16 bit Accuracy: 100 ppm / C° MBE

3. Potenciómetro*

Scope of Supply	Quantity
SPARC ^E software package E-gas simulator 1000011922	1
CAN module E-gas 2DO/4AI/4AO 1000014834 <ul style="list-style-type: none"> - 2 AO for pre-setting the throttle position - 2 AI for connecting the reference voltage from the ECU - 2 Isolated DO for displaying idle and full throttle position 	1

Default setup data record	1
E-Gas-module housing 1000007033 <ul style="list-style-type: none"> - 1 Screw cover - 3 EMC cable glands - 9 Hole plugs (brass) - 1 top hat rail (DIN) - 2 mounting bracket (welded on) 	1
Documentation: included in SPARC manual	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Power supply BUS (electronics) <ul style="list-style-type: none"> - Supply voltage [V DC] - Max. supply voltage deviation [%] - Max. current consumption [mA] 	24 -25..+30 500
Power supply field <ul style="list-style-type: none"> - Supply voltage [V DC] - Max. supply voltage deviation [%] - Max. current feeding [A] 	24 -25..+30 10

Dimensions Housing	Refer to figure 2
Dimension of mounting bracket	Refer to figure 2
Dimension of slotted hole [mm]	15 x 7

Protection class housing acc. to EN 60529 NF C 20-010 Nema	IP 66 IP 669 4, 12, 13
Color	RAL 7035 light grey, structure lacquer
Material	sheet steel
Sealing (cover)	Foam gasket
Approval	UL, CSA, GL

Interface	
DO, potential-free (relais), NOC, AC 230 V, DC 30V, max. 2A	2
Analog outputs (0 - 10V DC)	2
Analog inputs (0 - 10V DC)	2

Platform	SPARC ^E hardware
Connection type	spring clamps
Wire cross section [mm ² (AWG)]	0.08..2.5 (28..14)
Bus type	CANopen
EMC gland size for cable diameter [mm]	M16 x 1,5 5..9

4. Controlador de aceleración LSR2003*

Scope of Supply	Quantity
Control and power supply unit LFE 2003 19" 2 HU	1
Throttle actuator LFM 2003	1
RS 232 PC connecting cable, length 3m	1

PC operating software for setup	1
Documentation: - Manual - Interface diagram	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Positioning range, linear [mm]	0...120
Positioning range, rotating [°]	270
Positioning force [N]	250
Positioning time for 100 mm or 225° [ms]	100
Positioning accuracy/ 100 mm [%]	0.3
Power consumption nominal [VA] max.	400
Refer to technical specification	Throttle Position Control Unit LSR 2003

Interface	
Power supply at control and power unit [V]	230

5. Bancada (Engine Pallet Complete H=700)*

Scope of Supply	Quantity
Pallet frame in thermally stress relieved welted design, tooled mounting surface	1
T-slot rails longitudinal, tooled, with surface protection screwed and pivoted on pallet frame	2
T-slot rails lateral, tooled, with surface protection for mounting of engine supports	2
Engine supports (adjustable in height)	4
Pan for leakages in stainless steel	1
Documentation: - Manual "Mounting Equipment for Engines" - Drawing 1000048769	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Size (L x W x H) [mm]	1617 x 1110 x 900
Total weight [kg]	392
Material	Steel
Color	RAL 7035 / zinc- and nickel-plated

Interface	
Connection to base plate with mounting support: - T-Slots	1000048587 DIN 650 22 H12
Connection to specimen: - Bolts - Interface plate [mm] - Diameter of centering bolt [mm]	Please refer to figure 2 DIN 912 2x M10x30 + 4 x M8 50x75 Ø8
Max. specimen weight [kg]	500
Max. load per spindle [kN]	1.3

6. Conexión del eje (Shaft Connection Flexible Drive Shaft Type K060)*

Scope of Supply	Quantity
Drive shaft	1
Bolts on engine side	8
Bolts on dynamometer side	8
Documentation: - Manual - Balance certificate - Drawing Z017255006	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Nominal torque T_{Knenn} [Nm]	4400
Max. speed $n_{maxshaft}$ [rpm]	3000
Max. torque T_{Kmax} [Nm]	13200
Permissible permanent vibratory torque T_{Kw} [Nm]	1100

Torsional stiffness C_{Tdyn} [Nm/rad]	21400
Total weight [kg]	137
Inertia on engine side $I_{shaftengine}$ [kgm ²]	2,243
Weight on engine side $m_{shaftengine}$ [kg]	105
Inertia on dynamometer side $I_{shaftdno}$ [kgm ²]	0,61
Weight on dynamometer side $m_{shaftdno}$ [kg]	32
Minimal length / adjustable length [mm/mm]	773,2 / 80

Interface	
Connection type dynamometer	F2
Bolt circle / count x bolt diameter dynamometer side [mm]	Ø196 / 8 x Ø16,1
Centering diameter dynamometer side [mm]	Ø140 H7
Bolts dynamometer side	16x DIN EN ISO 4762 M16x40
Bolt circle / count x bolt diameter engine side [mm]	Ø488,9/ 8 x Ø14
Centering diameter engine side [mm]	Ø517,52 g7
Bolts engine side	8x DIN EN ISO 4762 M12x60

Protección del eje

Scope of Supply	
Shaft guard H=800 D=600 left	1
Mounting bolts DIN EN ISO 4017 M20x45	4
Nuts for T-Slots DIN 508	4
Safety switch	1
Documentation: - Manual - drawing: Z017288104	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Shaft height [mm]	800
Total weight [kg]	150
Minimal length [mm]	715
Extendable [mm]	
On shaft side:	260
On coupling side:	70
Inner diameter [mm]	285 / 595 (coupling)
Material	Steel
Color	RAL 7035

Interface	
safety switch with 2 contacts (shaft guard open –contacts open)	cable with connector 4 p.
Holes for mounting on base plate	4x Ø 22 750x320
T-Slots	DIN 650 22 H12
T-Slots distance [mm]	750
Tool to open the shaft guard	Flat spanner 24 mm

7. Termocuplas tipo K y T*

Tipo K

Scope of Supply	Quantity
Thermocouple type K with connecting cable, 3 m, and thermo connector	1
Bend protection	1
Relocatable screwing M8x1	1

Technical Data	
Accuracy class acc. to DIN EN 60584 /IEC 584-2	class 1: $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ in the range $-40..+375^{\circ}\text{C}$ $0,004 \cdot t $ in the range $375^{\circ}\text{C}..1000^{\circ}\text{C}$ $ t $ = numerical value of temperature in $^{\circ}\text{C}$ without sign

Nominal length [mm]	150
Sheath diameter [mm]	3
Density of measuring point [kPa]	4000
Cable	Teflon, shielded, oil resistant
Material shell	stainless steel
Material screw connection	steel with V-ring made of stainless steel
Cable length [m]	3

Interface	
Connector type	miniature thermo connector; 2p; yellow

TIPO T.

Scope of Supply	Quantity
Thermocouple type T with connecting cable, 3 m, and thermo connector	1
Bend protection	1
Relocatable screwing M8x1	1

Technical Data	
Accuracy class acc. to DIN EN 60584 /IEC 584-2	class 1: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ in the range $-40..+125^{\circ}\text{C}$ $0,004 \cdot t $ in the range $125^{\circ}\text{C}..350^{\circ}\text{C}$ $ t $ = numerical value of temperature in $^{\circ}\text{C}$ without sign

Nominal length [mm]	150
Sheath diameter [mm]	3
Density of measuring point [kPa]	4000
Cable	Teflon, shielded, oil resistant
Material shell	stainless steel
Material screw connection	steel with V-ring made of stainless steel
Cable length [m]	3

Interface	
Connector type	miniature thermo connector; 2p; blue

8. Transductores de presión*

RS

Scope of Supply	Quantity
Pressure transducer RS	1
Connector	1
Factory calibration certificate in English M0106042.14	1
Documentation - datasheet with assembly instructions	1

Technical Data	
Measuring range [kPA]	-10 ...10 (6x) 0 ...250 (8x) 0 ...1000 (3x)
Error hysteresis, non-linearity, reproducibility	0.15% of the range
Temperature influence	0.1% of full scale/10K
Compensated temperature range [°C]	-20...80
Measuring signal [mA]	4...20
Factory calibration certificate	acc. to ISO/IEC 17025

Interface	
Connector type	acc. to DIN EN 175301-803
Pressure connection	1/4" inside thread

AH 70 ... 150kPA

Scope of Supply	Quantity
Pressure transducer RH	1
Connector	1
Factory calibration certificate in English M0106042.14	1
Documentation - datasheet with assembly instructions	1

Technical Data	
Measuring range [kPA]	70 ... 150
Error hysteresis, non-linearity, reproducibility	0.08% of the range
Temperature influence	0.08% of full scale/10K
Compensated temperature range [°C]	-20...80
Measuring signal [mA]	4...20
Factory calibration certificate	acc. to ISO/IEC 17025

Interface	
Connector type	acc. to DIN EN 175301-803
Pressure connection	1/4" inside thread

9. Boom Box 9HU*

Scope of Supply	Quantity
Boom Box 9HU complete mechanical assembled	1
Slide bar	16 (8x 1 HU set)
19" frame	1 (front side)
Hole for cable entry and wall bracket at top	1
Ground strap for EMC potential compensation	1

Technical Data	
Max. installation depth of racks [mm]	300
Color	RAL 7035 light grey (front), decor/frame color : RAL 7043 / RAL 7038
Material	AlMgSi corner caps: AlSi

Dimension boom box Height [mm]	510
Width [mm]	535
Depth [mm]	435
Dimension 19" installation frame	9 HU according to DIN 41494-7 (IEC 297-2) for installation of 19"-panels and racks 1 HU taken for design panel (space for circulation of air)
Overall weight [kg]	50
Protection class housing acc. to EN 60529	IP 41 (equipped and with installed bracket support)
length of ground strap [m]	4

10. Estación meteorológica.

Scope of Supply	Quantity
Absolute barometric pressure measuring unit consisting of <ul style="list-style-type: none"> - pressure transducer - connector - wall-mounting support 	1
Humidity / temperature measuring unit consisting of <ul style="list-style-type: none"> - electronic module - combined sensor for relative humidity and air temperature in plastics housing, removable with cable (2m) - mounting set 	1
Cable set consisting of <ul style="list-style-type: none"> - measuring cable humidity / temperature measuring unit - measuring cable pressure measuring unit - supply cable 	1
Documentation: <ul style="list-style-type: none"> - Operating manual - Factory calibration certificate 	1x CD, 1x paper

Technical Data	Technical Data
Absolute barometric pressure measuring unit <ul style="list-style-type: none"> - Measuring range [kPa] - Error hysteresis, non-linearity, reproducibility - Temperature influence - Compensated temperature range [°C] - Cable type measuring cable 	<p>85...120</p> <p>0.05% of the range</p> <p>0.02% of full scale/10K</p> <p>-40...80</p> <p>LIYCY 2x0.5 mm², shielded wire color code: DIN 47100</p>

Humidity / temperature measuring unit	
- Humidity measuring range [%rH]	0...100
- Measuring accuracy humidity measuring 0...90%rH [%rH] at 20°C	1
- Measuring accuracy humidity measuring 90...100%rH [%rH] at 20°C	1.7
- Temperature measuring range sensor [°C]	-40...+80
- Operating temperature range housing [°C]	-40...+60
- Measuring accuracy temperature measurement [°C]	0.2
- Cable type measuring cable	LIYCY (TP) 3x2x0.25 mm ² , shielded wire color code: DIN 47100
Measuring signal pressure [mA]	4..20
Measuring signal humidity [mA]	4..20
Measuring signal temperature [mA]	4..20
Dimension of humidity/temp. measuring unit	Please refer to figure 2
Dimension of pressure measuring unit incl. wall-mounting support	
Height [mm]	115
Width [mm]	90
Depth [mm]	40
power supply humidity / temperature measuring unit [V DC]	24
Cable length power cable [m]	20
Cable length measuring cables [m]	15
Cable length between humidity and temperature sensor and measuring unit [m]	2
Cable type measuring cable	LIYCY (TP) 3x2x0.25 mm ² , shielded wire color code: DIN 47100
Cable type power cable	LIYCY 2 x 1,5 mm ² , shielded wire color code: DIN 47100

Interface	
Type of installation	wall-mounted
Pressure connection	¼" inside thread

11. Sistema de refrigeración del motor (Conditioning Module for Engine

Coolant WM 600)*

Scope of Supply	Quantity
Temperature sensor, engine oil and coolant	2
Coolant pump	1
Oil pump	1
Heat exchanger oil / glycol water	1
System pump	2
Control valve	2
Expansion tank as overheating protection	2
Oil filter on engine side (12 / 30µm)	1
Pressure switch for safety monitoring	2
Heat exchanger coolant (glycol water) / cooling water	2
Digital controller coolant temperature	1
Digital controller engine oil temperature	1
CAN I/O for connection to automation system (CAN open 2.0)	1
Set of cables 15m between electric and mechanic modules	1
Documentation: - Manual - Circuit diagram	1x CD, 1x paper

Technical Data	
Nominal cooling performance oil [kW]	15
Nominal cooling performance coolant (50% glycol) [kW]	200
Control accuracy (stationary) [K]	+/- 1
Max. coolant outlet temperature[°C]	130
Max. oil outlet temperature[°C]	140
Required cooling water flow coolant/oil [m ³ /h]	35/2.6
Permissible cooling water temperature supply/return [°C]	35/45
Dimensions cabinet [w/h/d] [mm]	1250/1250/300
Weight cabinet [kg]	160
Color	RAL 7035 light grey
Dimensions coolant conditioning [length/width/height] [mm]	1530/110/500
Weight water conditioning [kg]	320
Dimensions oil conditioning [length/width/height] [mm]	1630/680/420
Weight oil conditioning [kg]	240
Refer to technical specification	Conditioning Modules

Interface	
Power supply without heating	3/PEN 380V AC 60 Hz / 4 kVA
Power supply with heating	3/PEN 380V AC 60 Hz / 34 kVA
Inlet – outlet pressure difference coolant/oil/water [kPa]	350/350/350
Pipe connection: Engine side: oil [in] coolant [in] Facility side: cooling water [in]	$\frac{3}{4}$ 2 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{1}{2}$ and 2

12. Sistema de medición de consumo de combustible (FlexFuel capable)*

Scope of Supply	Quantity
Measuring system (measuring principle: servo-controlled displacement counter)	1
Temperature and pressure control unit	1
Outlet pressure regulator	1

Documentation: - Manual - Circuit diagram - Hydraulic diagram - Factory calibration certificate	1x CD, 1x paper
---	-----------------

Technical Data	
Measuring range fuel consumption [l/h] (Gasoline, Density 0.75 g/cm ³ [kg/h]) (Diesel, Density 0.83 g/cm ³ [kg/h])	0.20 - 220 (0.15 - 165) (0.17 - 182)
Measuring range density meter [g/cm ³]	0.5 - 1.5
Standard uncertainty of calibration [%]	±0.1 of measuring value
Fuel inlet (from fuel supply) - Inlet pressure [bar] - Temperature [°C]	0.5 - 1 (other pressures via option inlet pressure regulator adaptable) 15 - 35
Fuel outlet to combustion engine - outlet pressure, adjustable [bar] - outlet temperature, adjustable [°C] - Temperature control accuracy (steady state) [°C] - fuel circulation quantity, adjustable [l/h]	0.2 - 5 relative (1,2 - 6 absolute) 15 *) - 40 **) ±0.05 60 - 360

Fuel return (from combustion engine) - Return pressure, adjustable [bar] - Return temperature [°C] to measurement system max. - Max. allowed heat input in fuel return [kW]	-0.5 – 2 relative (0.5 – 3 absolute) 100 2
Cold water supply - Inlet temperature [°C] - Flow rate [l/h] - Inlet pressure [bar] - Pressure difference inlet / outlet [bar]	6 ca. 600 0.2 - 4 0,5
Measuring media	Diesel, gasoline (leaded/unleaded), alcoholic additions methanol, ethanol, etc. up to 100% as well as equivalent test liquids, 100% bio-Diesel

Power supply	230V AC , 50/60Hz
Connection load [kVA]	1 (***)
Dimensions [width/height/depth] [mm]	1150 / 1320 / 360
Weight [kg]	200
Ambient temperature [°C]	5 - 40

Interface	
Type of installation	Wall mounted (optional mounted on a trolley)
Fuel ventilation	Pipe with 10mm external diameter

Fuel inlet from supply on site	Pipe with 10mm external diameter
Fuel outlet to engine	G 3/8" female thread
Fuel return from engine	G 3/8" female thread
Fuel drain line	Pipe with 10mm external diameter
Cold water supply, inlet/outlet	2 x G 1/2", female thread
Hot water supply, inlet/outlet for connection of optional heating bath	2 x G 1/2", female thread
Signal output	Ethernet with AK protocol, Other on request (e.g. CAN, EtherCAT, Profibus)

13. Sistema de control*

Scope of Supply	Quantity
Process computer with Pentium P IV 3.0 GHz or comparable processor - Midi-tower housing ATX - IDE hard disk \geq 160 GB - Dual-head graphic card (2 x DVI) \geq 128 MB DDR - \geq 2 GB RAM - DVD +/- RW/RAM combo drive	1
I/O serial board PCI - RISC-based processor - 512 KB buffer - 8x RS232	1
RS232 connection-cable 8x RS232	1
4-fold CAN-card PCI	1
CAN terminator 120 ohm	4
M-module carrier board PCI	1
HORIBA CAN-Bus interface module to SPARC-controller PCN V601	1
<i>Peripheral equipment</i>	
19" TFT monitor (DVI)	2
DVI connecting cable 3m	2
Optical wheel mouse USB	1
Keyboard Cherry G80-3000 USB (US English revision)	1
USB extension cable A(m)-A(f) 3m	2
<i>Software</i>	
Operating system MS WINDOWS XP Professional MUI (Multilanguage)	1
MS Office 2003 Standard Edition, English	1

Interface	
LAN / Ethernet	1x onboard 10/100 MBit 1x PCI-network adapter Intel Pro10/100/1000 MBit
Serial	8x serial RS232 via PCI card (for measuring / conditioning devices)
Parallel	1x onboard
USB 2.0	8 (4x rear, 4x onboard)
CAN Bus	1x CAN bus interface for SPARC load controller 4x CAN bus interface via PCI card (for measuring devices, ECU)

Sistema STARS.

Scope of Supply	Quantity
STARS software	1
Device driver for test stand controller SPARC	1
Device driver for CAN I/O (Cansas, LAM/WAGO)	1
Software license for real-time extension RTX (Ardence)	1
STARS help desk for the warranty period (max.1 year)	1
Calibration System x-cas	1

Gabinete de Control tipo T/D

Scope of Supply	Quantity
<p>Moveable Cabinet 19" / 33HU 1000006967 consisting of:</p> <ul style="list-style-type: none">- cabinet mechanics, complete assembled- 4 x cabinet roller- 19" frame (front sided)- subplate (back sided), swiveling- cable entry point with integrated sponge rubber- hinge door (back sided)- cabinet top with adapter frame for later re-fitting of cabinet ventilator- 4 x eye bolt, zined- 10 x slide bar (2x 5 HU set)- 8 x flat strip earthing- shield bus (behind cable entry point)	1

<p>Power supply consisting of</p> <ul style="list-style-type: none">- 1 19" main switch front panel- 1 1x 20A mains filter- 1 multiple socket outlet EMC CEE 7-4- 1 AC terminal strip- 1 DC terminal strip- 1 24V DC power supply unit 10A- 1 24V DC power supply unit 2A- 4 automatic circuit breakers- 1 earth leakage disconnect terminal	1
--	---

Power contactor 3 N.C.C. (forcibly guided contacts) for remote power disconnection e.g. for fuel consumption measuring device	1
Installation space incl. cabling for STARS test stand I/O	2
Installation space incl. cabling for air flow meter	1
Installation space incl. cabling for test stand controller type SPARC ^E	1
Installation space incl. cabling for Central Safety Module type SZM	1
Installation space incl. cabling for control and power unit throttle position type LSR2003	1
Documentation according to EG-machine- directives and the resulting standards DIN EN 61000-6-2, DIN EN 55011, DIN EN 60204-1	1
Safety test report acc. to BGV A3 / DIN EN 60204-1	1

Technical Data	
Single wire colors acc. to DIN EN 60204-1 (IEC 60204-1)	main circuit: black neutral conductor: light blue main circuit in front of main switch: orange DC control circuits: dark blue AC control circuits: red protective conductor: green/yellow

Circuit fusing	acc. to DIN EN 60204-1
Wire cross section	acc. to DIN EN 60204-1
Naming electrical equipment with system, location and identification of equipment	acc. to IEC 61346-1 (1996), DIN EN 6779-1 (1992-09), DIN EN 61346-2 (2000-12), DIN 61346-1 (1997-01)
Rated current [A] approx. (full equipped cabinet)	16
Ambient temperature [°C]	+5..+40
Max. relative air humidity (non condensing) [%]	85
Terminal strip, type of clamps	spring clamps
Dimension of cabinet [mm]	Please refer to figure 2
Dimension 19" installation frame	33 HU according to DIN 41494-7 (IEC 297-2)
Max. installation depth of racks [mm]	450
Color	RAL 7035 light grey, powder lacquer
Material	sheet steel,
Locking mechanism	4-point
Protection class housing acc. to EN 60529	IP 21

Interface	
Free installation space at subplate	approx. 25%
Mains type	TN-S
Mains connection data	1/N/PE 230V AC 50 Hz
Connected Load S [kVA]	5
pre-fuse [A] (in combination with Dynas3 installed in VFD cabinet)	16
Recommended connection line acc. to DIN EN 60204-1	3x2.5 mm ² (local electric regulations must be taken into consideration)
Cabinet mechanics: - Point transmission of force - Floor properties - Evenness - Air outlet B 4.1 - Air inlet B 4.2 - Cable entry point B 4.3	over four 65mm dia. rollers mounted in the corners floated concrete max. 2mm/m (gauge) louvers at cabinet top louvers at right cabinet side feed to rear from below.

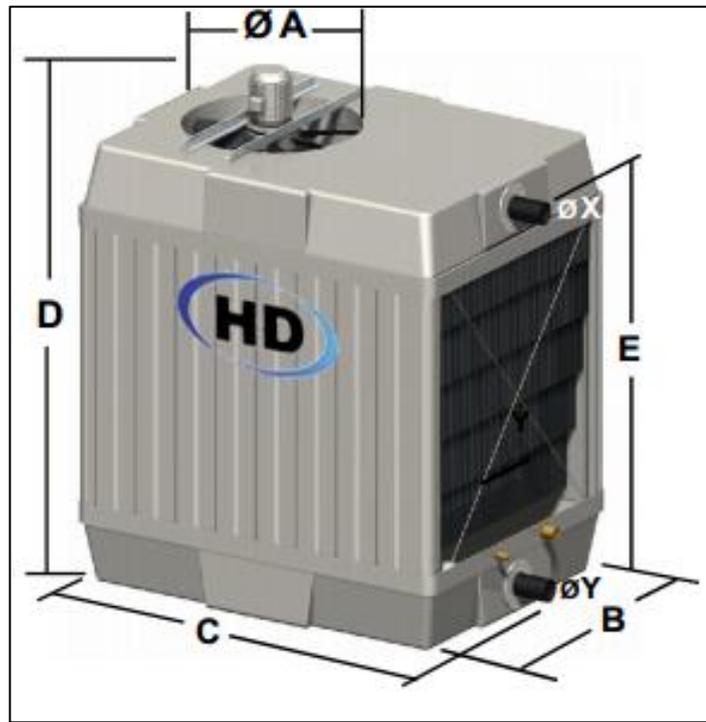
14. Medidor de gases (MEXA-ONE D1)*

Scope of Supply	Quantity
- Cabinet	1
- SHS - Sample Handling System	1
- MGC - Multi-Gas Controller	1
- DMC - Device Mgmt Controller	1
- DCU - Device Control Units	1
- ANA - Analyser Modules	
- CO(L) AIA-11	1
- CO(H)/CO2 AIA-33	1
- O2 MPA-01	1
- CO Interference checker	1

OVN-22H Heated Oven	1
- SHS - Sample Handling System	1
- ANA - Analyzer Module	
- THC, CH4, NO/NOx (Dry)	1
- MGC – Multi Span Gas Controller	1
- Heated Accessories	
- Heated 6M sample line	1
- F-02HB	1
- HC hang-up check	1
- OVN leak check	1

General Technical Data	
Dimensions [H x W x D mm]	
- Main cabinet	1970 X 660 X 855
- OVN cabinet	1130 x 430 x 535
Approx. Weight [kg] (lb)	
- Main cabinet	300 (661)
- OVN cabinet	140 (309)
Power supply, Main Unit	
- Voltage [V]	220
- Frequency [Hz]	50/60
Power supply, OVN	
- Voltage [V]	220
- Frequency [Hz]	50/60

15. Torre de enfriamiento HD-1408**



MODELO	DIMENSÕES (mm) <i>Dimensions</i>				Entrada de água <i>Water inlet</i>	Ø X <i>(inches)</i>	Ø Y <i>(inches)</i>	Peso <i>Weight (Kg)</i>		Volume de água na bacia <i>Cold water basin volume</i>
	Ø A	B	C	D				E	Emb. Ship.	
HD-1403	1.020	1.660	2.400	1.900	1.400	3"	3"	360	1.350	900 L
HD-1404				2.200	1.700			430	1.380	
HD-1405				2.500	2.000			490	1.440	
HD-1406				2.870	2.300			560	1.510	
HD-1407				3.170	2.600			630	1.580	
HD-1408				3.470	2.900			700	1.650	

16. Ventiladores (HCT- 90-4T-4 y HCT- 90-4T-10)***

HCH HFT HCT

Ventiladores helicoidales murales o tubulares, de gran robustez

Ventiladores helicoidales murales o tubulares, versión PL equipados con hélice de plástico y versión AL equipados con hélice de aluminio.

Ventilador:

- Dirección aire motor-hélice
- Hélices versión PL en poliamida 6 reforzada con fibra de vidrio y versión AL en fundición de aluminio. Los modelos HCT-40-2T y HCT-45-2T sólo en versión AL
- HCH: Aro soporte en chapa de acero
- HFT: Aro soporte en chapa de acero con doble brida y prensaestopas para entrada de cable
- HCT: Envolverte tubular en chapa de acero con caja de bornes exterior

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 Kw, monofásicos y 2 velocidades.
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55, excepto modelos monofásicos desde el tamaño 45 hasta el tamaño 56, protección IP54. De 1 ó 2 velocidades según modelo
- Monofásicos 230V-50Hz, y trifásicos 230/400V-50Hz(hasta 5,5CV) y 400/690V-50Hz(potencias superiores a 5,5CV)
- Temperatura de trabajo : -25°C+ 50°C

Acabado:

- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190°C, previo desengrase alcalino y pretratamiento libre de fosfatos.

Bajo demanda:

- Dirección aire hélice-motor.
- Hélices reversibles 100%.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Certificación ATEX Categoría 2





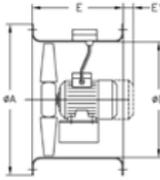
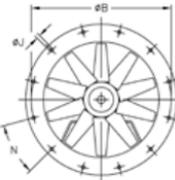
HCH
HFT
HCT

Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)		
		230V	400V	690V				HCH	HFT	HCT

HCH	HFT	HCT	90-4T-4	1445	10,96	6,33	3,00	37750	87	62	66	90	
HCH	HFT	HCT	90-4T-10	1455		14,20	8,20	7,50	53000	92	94	98	120

HCT	Modelo	ØA	ØB	ØD	E	E1	ØJ	N
	HCT-25	310	280	240	230	10	10	4x90°
	HCT-31	350	320	280	270	-	10	4x90°
	HCT-35	425	395	355	280	-	10	8x45°
	HCT-40	490	450	410	320	-	12	8x45°
	HCT-45	540	500	460	360	-	12	8x45°
	HCT-50	600	560	514	360	-	12	12x30°
	HCT-56	660	620	560	400	-	12	12x30°
	HCT-63	730	690	640	430	-	12	12x30°
	HCT-71	810	770	710	500	-	12	16x22°30'
	HCT-80	900	860	800	500	-	12	16x22°30'
	HCT-90	1015	970	900	500	-	15	16x22°30'

*DATOS OBTENIDOS DE COTIZACIÓN REALIZADA POR HORIBA ATS (10 DIC-2014).

**DATOS OBTENIDOS DE COTIZACIÓN REALIZADA POR HD EQUIPAMENTOS (15 FEB-2015).

***DATOS OBTENIDOS DE LA PÁGINA WEB DE SODECA.

APÉNDICE “D”

“ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS”

SISTEMAS Y EQUIPOS:

No.	SISTEMAS/EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	CANT	PRESUPUESTO
1	Sistema TANDEM (DYNAS3-DT900).	Dinamómetro TANDEM (eléctrico AC DYNAS3 e hidráulico DT900).	1	\$ 312.000,00
2	Sistema de automatización STARS.	Controlador digital SPARC.	1	\$ 25.000,00
		Plataforma de hardware.	1	\$ 1.500,00
		UPS.	1	\$ 300,00
		Software (incluye licencia e instalación del driver MEXA 7000 LAN, CVS 7000 LAN).	1	\$ 3.000,00
		Aplicación para la prueba de emisiones del motor.	1	\$ 1.500,00
		Gabinete de medición y control tipo T/D.	1	\$ 120.000,00
		Módulo central de seguridad SZM.	1	\$ 7.200,00
		Escritorio y silla	1	\$ 750,00
3	Sistema de enfriamiento del motor (WM 600).	Incluye sensores de temperatura, bombas de refrigerante, intercambiadores de calor, tanque de expansión, interface CAN I/O y cables.	1	\$ 6.500,00

4	Sistema de medición del consumo de combustible (FQ2100 DP).	Sistema de medición, unidad de control de temperatura y presión, regulador de presión de salida.	1	\$ 4.200,00
5	Sistema de medición del flujo de aire (DN 200).	Tubo de medición DN200, Amortiguador con filtro de aire, tubo de entrada y salida, Soporte de tuberías para la instalación, certificado de calibración, set de cables.	1	\$ 1.200,00
6	Potenciómetro Simulador.	Software, Módulo E-gas CAN, caja y cables.	1	\$ 350,00
7	Controlador de aceleración (LSR2003).	Incluye unidad de control y fuente de poder, actuador, dispositivo de corte (LP1 2000), conector RS 232, juego de cables, unidad de control remoto, caja de conexión, cable bowden, unidad de accionamiento para el sensor del pedal.	11	\$ 2.600,00
8	Soporte universal.	Para el montaje del actuador del acelerador, caja de medición, medidor de aire de admisión y otros componentes eléctricos.	1	\$ 820,00
9	Soporte del motor (bancada).	Compuesto de plato base y soportes.	1	\$ 2.800,00
10	Medidor de flujo de gases pulsantes (1301-280).	Incluye sensor, silenciador, unidad de control y evaluación, certificado de calibración y material de montaje.	1	\$ 870,00

11	Transmisión del eje y protector (K060 E).	Diseñado para una conexión del eje con el dinamómetro. Incluye cable de control, conectores y cárter protector.	1	\$ 3.400,00
12	Medidores de temperatura.	Termocuplas tipo K y T, incluye conectores, cables y doble protección.	2	\$ 750,00
13	Medidores de presión.	Transductores de presión (RS y AH), conectores, acoples y módulo (SDP8).	2	\$ 850,00
14	Caja de medición (BOOM BOX 9HU).	Con barras de deslizamiento para alojar las unidades de medición de 19", incluye soporte de pared, juegos de cables de medición y accesorios para la conexión.	1	\$ 1.280,00
15	Dispositivo de transmisión de datos (LAM002).	Comprende módulo analógico de adquisición de datos y dispositivo de transmisión de datos de periféricos del banco de pruebas y extensión, caja y juego de cables.	1	\$ 1.465,00
16	Estación meteorológica.	Unidad medidora de presión absoluta, humedad y presión, juego de cables.	1	\$ 3.243,00
17	Sistema de la alimentación para ECM.	12-14Vdc /50 ^a	1	\$ 348,00
18	Caja de interruptores Electrónica del motor.	Con relés integrados para: encendido, precalentamiento y partida, incluye cables.	1	\$ 320,00

19	Sistema analizador de gases de escape MEXA-ONE-D1.	Gabinete con módulos SHS, MGC, DMC, DCU, ANA, CO. Horno climatizado con módulos SHS, ANA (THC, CH4, NO/NOx (Dry), MGC y accesorios.	1	\$ 306.407,00
20	Dispositivo antiestático	Involucra toda la instalación.	1	\$ 5.488,00
21	Piezas de recambio y consumibles	Se detallan, después de la aclaración técnica de la extensión de la entrega y la finalización de los trabajos de diseño.	set	\$ 30.837,00
22	Sistema de renovación de aire	Compuesto por un ventilador y un extractor empotrados a la pared. El sistema deberá garantizar la renovación de aire conforme las especificaciones del proyecto, con diámetros de ventilación de 0.9 m.	1	\$ 7.500,00
23	Acondicionador de aire.	Tipo Split de 18.000 BTU, para el cuarto de control.	1	\$ 800,00
24	Acondicionador de aire.	Tipo Split de 36.000 BTU, para el aula.	1	\$ 1.350,00
25	Torre de enfriamiento	Modelo HD-1408, incluye accesorios para instalación.	1	\$ 8.664,00
26	Polipasto y estructura	De 2 TON de capacidad, incluye monorraíl (viga normalizada, pernos y trolley)	1	\$ 16.055,46
27	Tanque de Diesel	De 300 galones de capacidad (1 m3 aprox.) y construido bajo norma.	1	\$ 1.500,00
28	Tanque de Gasolina	De 300 galones de capacidad (1 m3 aprox.) y construido bajo norma.	1	\$ 1.500,00

29	Tanque de GLP	De acuerdo al código ASME para tanques horizontales y la norma NFPA 58, la capacidad del tanque de GLP será de 0,11 m ³ lo que equivale a 60 Kg	1	\$ 3.200,00
30	Bomba para alimentación del dinamómetro.	Bomba de 2 HP	1	\$ 1.500,00
31	Bomba para agua para alimentación de la torre de enfriamiento.	Bomba de 5.5 HP	1	\$ 3.600,00
32	Bomba para acondicionador de refrigerante del motor	Bomba de 5 HP	1	\$ 3.000,00
33	Sistema contra incendio INERGEN	Comprende banco de 05 cilindros de 22,5 Kg de capacidad cada uno, incluye tuberías accesorios, válvulas, etc.	1	\$ 35.000,00
34	Sistema detector de humo	Incorporado en el sistema contra incendios.	1	\$ 12.000,00
TOTAL DE EQUIPOS Y SISTEMAS DEL BANCO DE PRUEBAS:				\$ 940.647,46

SERVICIOS:

No.	SERVICIOS	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
1	Documentación específica del usuario del Banco de Pruebas.	Planos eléctricos completos para el banco de pruebas, incluye la integración de los módulos. Elaboración de las especificaciones finales para la implementación del banco de pruebas en sitio e interfaces técnicas requeridas. Preparación de los diagramas de ensamble mecánicos del banco de pruebas, incluyendo el arreglo módulos.	\$ 3.500,00

		Manual de instrucciones de operación.	
2	Gestión del Proyecto (a cargo de un Director de proyecto).	Clarificación de los detalles.	\$ 15.000,00
		Determinación de interfaces entre cliente / HORIBA y posible de terceros.	
		Programación final y supervisión de actividades.	
		Elaboración de informe de aceptación.	
		Participación de cuatro (4) personas, cuatro (4) semanas en los laboratorios de prueba del fabricante. Idioma INGLES.	
		Consiste en la aceptación visual en detalle de los componentes: unidad de carga, sistema de automatización (hardware/software), consola del operador, módulos de medida, etc.	
3	Capacitación.	Formación especial en el Centro de Entrenamiento del fabricante en Darmstadt Alemania. La alternabilidad sistemática de conferencias con ejercicios.	\$ 12.000,00
		Incluye un juego de manuales en inglés para cada participante.	
		Se obtiene un certificado al final del entrenamiento.	

		<p>Contenido del entrenamiento:</p> <p>Estructura, función y operación de los componentes. Reconocer situaciones de error, Selección de las funciones de prueba. Introducción al sistema STARS, Configuración del banco de pruebas con el sistema. Pruebas de forma manual y automática, Fundamentos del equipo de medición y control (SPARC), Calibración de los circuitos de medición y control, Comprobación del sistema de medición del par.</p> <p>Los gastos de capacitación incluyen los gastos de viaje y alojamiento.</p>	
4	Montaje parte mecánica, puesta en servicio, Instrucción y Aceptación.	Incluye la instalación, alineación y comprobación de los sistemas mecánicos.	\$ 12.550,00
5	Montaje parte eléctrica, puesta en servicio, Instrucción y Aceptación.	Incluye la instalación de los dispositivos eléctricos y gabinetes, instalación de los cables de alimentación y de señal entre las partes individuales del banco de pruebas.	\$ 18.000,00
6	Puesta en marcha	Realizada por un ingeniero de puesta en marcha en el sitio; gastos de viaje y subsistencia. Las unidades de medida se calibran en la planta del fabricante y se suministran con un certificado de prueba.	\$ 4.000,00
	Instrucción	Instrucción de los operadores después de la puesta en marcha de los equipos sobre la operación y funcionamiento del banco.	
	Aceptación en sitio.	Control visual de los sistemas de protección, tubos, mangueras, cables, marcas.	

		Comprobación íntegra de la documentación.	
		Control de funcionamiento del circuito de seguridad.	
		Ejecución del programa de aceptación estándar de HORIBA ATS para una prueba con diferentes funciones del banco de pruebas. Incluye: Fase de calentamiento hasta que se establezca las condiciones de funcionamiento. Ejecución con los modos de control estacionario. Función de interfaces para dispositivos de medición.	
		Informe de aceptación después de la puesta en marcha.	
7	Entrenamiento en sitio.	Cinco (5) días de duración para cuatro (4) personas. Contenido: Operación, Mantenimiento, Chequeo de funcionamiento y calibración, Sistema de Software.	\$ 1.500,00
8	Embalaje de exportación y flete interno	De todos los equipos.	\$ 22.357,00
TOTAL SERVICIOS:			\$ 88.857,00

OBRA CIVIL:

No.	RUBRO	UNI.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
1. PRELIMINARES.					
1.1	Limpieza y desbroce	m2	250,00	\$ 0,75	\$ 187,50
1.2	Replanteo y nivelación	m2	250,00	\$ 0,86	\$ 215,00

	SUBTOTAL 1				\$ 402,50
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.					
2.1	Excavación cimientos a mano	m3	42,00	\$ 6,71	\$ 281,82
2.2	Relleno compactado c/mat.excav	m3	25,00	\$ 4,83	\$ 120,75
2.3	Desalojo cargadora/volqueta	m3	18,00	\$ 3,48	\$ 62,64
	SUBTOTAL 2				\$ 465,21
3. CIMENTACIONES.					
3.1	Replanteo de H.S. 140 Kg/cm ²	m3	3,00	\$ 89,31	\$ 267,93
3.2	Plintos de H. Simple 210 Kg/cm ²	m3	12,40	\$ 166,67	\$ 2.066,71
3.3	Cadenas H. Simple 210 Kg/cm ²	m3	2,00	\$ 199,23	\$ 398,46
3.4	Cimiento o Muro H.C. 180 Kg/cm ²	m3	6,20	\$ 59,04	\$ 366,05
	SUBTOTAL 3				\$ 3.099,15
4. ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO (INC. ENCOFRADO Y DESENCOFRADO).					
4.1	Columnas H. Simple 210 Kg/cm ²	m3	8,50	\$ 209,07	\$ 1.777,10
4.2	Losa alivianada y vigas banda H.S. 210Kg/cm ² e=20cm con puntos de anclaje para monorriel y polipasto	m3	31,35	\$ 250,00	\$ 7.837,50
4.3	Acero de refuerzo-4200 Kg/cm ²	kg	5811,00	\$ 1,65	\$ 9.588,15
4.4	Malla electrosoldada 15cmX15cmX4.5mm	m2	242,00	\$ 4,67	\$ 1.130,14
4.5	Bloque alivianado 20x40x15cm	u	650,00	\$ 0,56	\$ 364,00
	SUBTOTAL 4				\$ 20.696,89
5. PISOS Y RECUBRIMIENTOS.					
5.1	Contrapiso H.S.210 kg/cm ² e=20 (piedra bola y H. simple)	m2	110,00	\$ 16,70	\$ 1.837,00
5.2	Alisado de piso con endurecedor de cuarzo	m2	110,00	\$ 2,20	\$ 242,00
5.3	Masillado impermeabilizado de losa	m2	110,00	\$ 7,78	\$ 855,80
5.4	Acera H.S.180 kg/cm ² + malla	m2	40,00	\$ 34,60	\$ 1.384,00
5.5	Escobillado de aceras	m2	40,00	\$ 3,24	\$ 129,60
	SUBTOTAL 5				\$ 4.448,40
6. MAMPOSTERIAS-ENLUCIDOS Y REVESTIMIENTOS.					
6.1	Mampost. bloque prensado 20 cm	m2	105,00	\$ 12,85	\$ 1.349,25

6.2	Enlucido vertical paletado	m2	214,00	\$ 4,85	\$ 1.037,90
6.3	Enlucido horizontal	m2	85,00	\$ 5,80	\$ 493,00
6.4	Enlucido de Filos	m	86,00	\$ 4,51	\$ 387,86
6.5	Enlucido de Fajas (incluye 2filos)	m	90,00	\$ 7,20	\$ 648,00
6.6	Grafiado color Blanco y azul en exterior	m2	145,00	\$ 3,90	\$ 565,50
6.7	Pintura de látex acrílico color blanco en interior	m2	210,00	\$ 3,53	\$ 741,30
6.8	Pintura de piso para señalización	m2	48,00	\$ 2,80	\$ 134,40
6.9	Dinteles de hormigón armado	m	18,80	\$ 10,50	\$ 197,40
	SUBTOTAL 6				\$ 5.554,61
7. CARPINTERIA Y CERRAJERIA.					
7.1	Puerta de plancha galvanizada y material ignifugo abatible de 2.00mx3.00m.	m2	6,00	\$ 135,00	\$ 810,00
7.2	Puertas de plancha galvanizada y material ignifugo de 0,8x2.10 (con cerradura)	m2	1,68	\$ 115,00	\$ 193,20
7.3	Puerta tamborada MDF 1,06x2,30 (con cerradura)	u	1,00	\$ 145,03	\$ 145,03
7.4	Puerta corrediza de plancha galvanizada de ,9x2,30 (con cerradura)	m2	2,07	\$ 95,00	\$ 196,65
	SUBTOTAL 7				\$ 1.344,88
8. INSTALACIONES SANITARIAS.					
8.1	Desagüe PVC 75 mm. En losa	pto	2,00	\$ 20,40	\$ 40,80
8.2	Rejilla de piso 75 mm.	u	2,00	\$ 7,50	\$ 15,00
8.3	Bajantes de AA.LL.PVC 75 mm.	m	8,00	\$ 6,40	\$ 51,20
	SUBTOTAL 8				\$ 107,00
9. INSTALACIONES ELECTRICAS.					
9.1	Bajante acometida 240-120V	U	1,00	\$ 114,40	\$ 114,40
9.2	Ducto subterráneo de 2" para B.T.	m	65,00	\$ 4,29	\$ 278,85
9.3	Caja de revisión 60x60x60cm con tapa	U	2,00	\$ 51,55	\$ 103,10
9.4	Acometida eléctrica 3#6 AWG TTU +T#6 AWG	m	55,00	\$ 6,41	\$ 352,55
9.5	Malla puesta a tierra 4 puntos	U	1,00	\$ 412,23	\$ 412,23
9.6	Puntos de conexión a tierra	Pto	1,00	\$ 21,52	\$ 21,52
9.7	Su tablero de distribución 2p 8ESP	U	1,00	\$ 95,11	\$ 95,11

9.8	Punto de iluminación	Pto	10,00	\$ 31,93	\$ 319,30
9.9	Punto de tomacorriente 120V	Pto	10,00	\$ 25,23	\$ 252,30
9.10	Punto de fuerza especial 120V-220V-30 ^a	Pto	6,00	\$ 39,76	\$ 238,56
9.11	Lámpara fluorescente 2x32W	U	4,00	\$ 96,47	\$ 385,88
9.12	Lámpara anti explosive	U	2,00	\$ 85,76	\$ 171,52
	SUBTOTAL 9				\$ 2.745,32
10. VARIOS.					
10.1	Limpieza final de la obra	m2	110,00	\$ 0,82	\$ 90,20
10.2	Imprevistos	u	1,00	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
	SUBTOTAL 9				\$ 2.090,20
SUMAN.					\$ 40.954,15
COSTOS INDIRECTOS 24.5%.					\$ 10.033,77
TOTAL OBRA CIVIL:					\$ 50.987,92

INTERFASES:

No.	INTERFACES DEL BANCO DE PRUEBAS (EQUIPOS, MATERIALES, CABLEADO, DUCTOS, TUBERÍAS, VÁLVULAS, ACCESORIOS, ETC.; INSTALACIÓN Y MONTAJE).	PRESUPUESTO
1	Sistema de ventilación para el sistema inversor y armarios de distribución para las unidades de control, regulación y funcionamiento de la máquina asincrónica del dinamómetro hidráulico.	\$ 750,00
2	Sistema de suministro y enfriamiento de agua para el dinamómetro de acuerdo con las especificaciones del proyecto.	\$ 3.500,00
3	Sistema de evacuación de gases de escape.	\$ 2.500,00
4	Sistema de refrigeración del motor (incluye acoplamiento y tuberías entre el motor-sistema-suministro de agua).	\$ 850,00
5	Fuente de alimentación para sistema eléctrico del motor y arranque.	\$ 550,00

6	Suministro de combustible para el motor de combustión incluyendo; tuberías, válvulas y accesorios de conexión con los tanques de almacenamiento.	\$ 2.500,00
7	Adaptación de la unidad de control de aceleración.	\$ 650,00
8	Conexión de los equipos de medición con el motor de prueba (sensores de temperatura, presión, corrientes, voltajes, consumo de combustible y aire, flujo de gases).	\$ 850,00
9	Sistema de suministro de energía eléctrica (ductos y cables) para la alimentación de los terminales del interruptor principal del sistema.	\$ 3.500,00
TOTAL INTERFASES:		\$ 15.650,00

PRESUPUESTO TORAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS		
No.	Descripción.	PRESUPUESTO
1	Sistemas y Equipos.	\$ 940.647,46
2	Servicios.	\$ 88.857,00
3	Obra civil.	\$ 50.987,92
4	Interfaces.	\$ 15.650,00
SUBTOTAL:		\$ 1.096.142,38
12% IVA:		\$ 131.537,08
TOTAL:		\$ 1.227.679,46

Total del presupuesto: Un millón doscientos veintisiete mil seiscientos setenta y nueve con 46/100 dólares de los Estados Unidos de Norteamérica.

APÉNDICE E

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

CODIGO	TAREA	DURACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	PREDECESORAS
	IMPLEMENTACIÓN BANCO DE PRUEBAS MCI FIMCP ESPOL	174 days	Mon 04/01/16	Thu 01/09/16	
1	OBRA CIVIL	97 days	Mon 04/01/16	Tue 17/05/16	
1.1	ESTUDIO DE SUELOS	6 days	Mon 04/01/16	Mon 11/01/16	
1.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	11 days	Tue 12/01/16	Tue 26/01/16	3
1.3	CIMENTACIÓN	15 days	Wed 27/01/16	Tue 16/02/16	4
1.4	COLUMNAS Y PISOS	20 days	Wed 17/02/16	Tue 15/03/16	5
1.5	MAMPOSTERÍA Y CUBIERTA	8 days	Wed 16/03/16	Fri 25/03/16	6
1.6	INSTALACIONES ELÉCTRICAS, SANITARIAS Y AGUA POTABLE	20 days	Mon 28/03/16	Fri 22/04/16	7
1.7	ACABADOS INTERIORES, EXTERIORES Y PINTURA	17 days	Mon 25/04/16	Tue 17/05/16	8
2	EQUIPAMIENTO	63 days	Mon 04/01/16	Wed 30/03/16	
2.1	COTIZACIONES	10 days	Mon 04/01/16	Fri 15/01/16	
2.2	INFORMES DE NECESIDAD	8 days	Mon 18/01/16	Wed 27/01/16	11
2.3	PROCESO PRECONTRACTUAL	21 days	Thu 28/01/16	Thu 25/02/16	12
2.4	ADQUISICIÓN LOCAL O IMPORTACIÓN	21 days	Fri 26/02/16	Fri 25/03/16	13
2.5	RECEPCIÓN EQUIPOS	3 days	Mon 28/03/16	Wed 30/03/16	14

Nota: El cronograma toma como ejemplo de fecha de inicio del proyecto el primer día laborable del año 2016, estos datos deben ser ingresados en el Utilitario MicroSoft Project, para obtener el diagrama de Gantt.

CÓDIGO	TAREA	DURACIÓN	FECHA DE INICIO	FECHA DE FINALIZACIÓN	PREDECESORAS
3	INSTALACIONES	35 days	Wed 18/05/16	Tue 05/07/16	
3.1	DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS EN ESPACIO FÍSICO	5 days	Wed 18/05/16	Tue 24/05/16	15;9
3.2	ANCLAJE Y FIJACIÓN	6 days	Wed 25/05/16	Wed 01/06/16	17
3.3	ALINEACIÓN DE EQUIPOS	6 days	Wed 25/05/16	Wed 01/06/16	17
3.4	CONEXIONES	5 days	Thu 02/06/16	Wed 08/06/16	18
3.5	PRUEBAS DE ARRANQUE	5 days	Thu 09/06/16	Wed 15/06/16	19;20
3.6	INTEGRACIÓN DE EQUIPOS	10 days	Thu 16/06/16	Wed 29/06/16	21
3.7	ARRANQUE FINAL	4 days	Thu 30/06/16	Tue 05/07/16	22
4	SEGURIDAD INDUSTRIAL	120 days	Mon 04/01/16	Fri 17/06/16	
4.1	LEVANTAMIENTO DE MATRICES DE RIESGO	8 days	Wed 25/05/16	Fri 03/06/16	9;17
4.2	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y SITIOS PELIGROSOS	4 days	Mon 04/01/16	Thu 07/01/16	
4.3	COLOCACIÓN DE SEÑALÉTICA	5 days	Fri 08/01/16	Thu 14/01/16	26
4.4	ELABORACIÓN DE MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	10 days	Mon 06/06/16	Fri 17/06/16	25;26
5	CAPACITACIÓN	73 days	Mon 04/01/16	Wed 13/04/16	
5.1	CAPACITACIÓN EN OPERACIÓN DE EQUIPOS	6 days	Mon 28/03/16	Mon 04/04/16	14
5.2	CAPACITACIÓN EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	13 days	Mon 28/03/16	Wed 13/04/16	14
5.3	CAPACITACIÓN EN PROCESOS	7 days	Mon 04/01/16	Tue 12/01/16	
5.4	CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD INDUSTRIAL	7 days	Mon 04/01/16	Tue 12/01/16	
6	PROCESOS	54 days	Mon 20/06/16	Thu 01/09/16	
6.1	ELABORACIÓN DE MAPA DE PROCESOS	11 days	Mon 20/06/16	Mon 04/07/16	28;30;31;32
6.2	ELABORACIÓN MATRIZ DE DIMENSIONAMIENTO	10 days	Tue 05/07/16	Mon 18/07/16	35
6.3	ELABORACIÓN PROCESOS DE OPERACIÓN	13 days	Tue 19/07/16	Thu 04/08/16	36
6.4	ELABORACIÓN DE ESTATUTO ORGÁNICO	20 days	Fri 05/08/16	Thu 01/09/16	37

BIBLIOGRAFÍA

1. AEROSPACEENGINES (s.f.), <http://aerospaceengines.blogspot.com/2014/04/ensayos-de-motores-con-frenos-froude-y.html>, Enero 2015.
2. ANSUL, Agente extintor INERGEN, www.ansul.com, Septiembre 2014.
3. AVL, AVL CONSYS COOL 200, <https://www.avl.com/>, Diciembre 2014.
4. AVL, AVL Fuel mass flow meter & fuel temperature control, <https://www.avl.com/>, 2014.
5. Bavaresco G., Señalización y código de colores, GABP Ingeniería, http://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/señalización_y_codigo_de_colores.pdf, 2014.
6. Bosmal Automotive Research & Development Institute Ltd, Engine Research Department, <http://www.bosmal.com.pl/>, Polonia, octubre, 2010.
7. Cámara Argentina de Seguridad, Instalaciones fijas contra incendios, http://www.cas-seguridad.org.ar/capacitacion/instalac_fijas.pdf, 2014.
8. CISE Electrónica, Análisis de los gases de escape de motores de combustión interna, <http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/302-an%C3%A1lisis-de-los-gases-de-escape-de-los-motores-de-combusti%C3%B3n-Interna.html>, Octubre 2014.

9. Daeil Aqua Co. Ltd., Cooling Tower Thermal Design, <http://myhome.hanafos.com/~criok/english/publication/thermal/thermallisteng.html>, Mayo 2004.
10. DYNAMOMETER WORLD LTD, Technical Specification Hydraulic Dynamometer Type DT, <http://www.dynamometer-world.com>, Reino Unido, 23 de mayo de 2007.
11. Equimaster SA, <http://www.equimastersa.com/motos2/analizador%20de%20gases%20de%20motos.html>, 2014.
12. Erazo H., Sistematización del Diseño de Cimentaciones para transformadores, generadores y bombas, Escuela Politécnica Nacional, Quito julio de 2010.
13. FEV, [http://www.fev.com/fileadmin/user_upload/Media/Datasheets /Test Cells/EnginePallet-E-2014.pdf](http://www.fev.com/fileadmin/user_upload/Media/Datasheets/Test%20Cells/EnginePallet-E-2014.pdf).
14. Fox, M., Introducción a la Mecánica de los Fluidos. En A. M. R.W Fox. Mcgraw Hill, 1995.
15. Gomog Workshop manual, Pesos de motores de Combustión Interna, <http://www.gomog.com/allmorgan/engineweights.html#engine>, 2014.
16. HORIBA ATS, <http://www.horiba.com/>.
17. Ilustre Municipalidad de Guayaquil, <http://www.guayaquil.gob.ec/?q=municipalidad/direcciones-municipales/direccion-de-medio-ambiente>, 2012.

18. INEM, Norma NTE INEN 2 349:2003, Revisión Técnica Vehicular, Quito, Ecuador, 2012
19. Martínez E., Acondicionamiento de un dinamómetro para pruebas de flujo de potencia, Universidad Nacional Autónoma De México, Ciudad Universitaria, D.F., México 2012.
20. Martyr A y Plint M, Engine Testing: Theory and Practice, Butterworth-Heinemann, 2007.
21. May, E, Mecánica para Motores Diesel. Teoría, Mantenimiento y Reparación, McGraw Hill, Mexico 1988.
22. Morales D y Rivadeneira A, Dimensionamiento de un Banco para Pruebas de Motores a Diesel, Escuela Politécnica Nacional, Quito agosto de 2007.
23. Muñoz A. Meza, Curvas de Motor Renault. <http://www.monografias.com/trabajos43/motor-renault/motor-renault2.shtml>, 25 Enero 2015.
24. Niño L., Banco de pruebas de motores para el laboratorio de máquinas térmicas Alternativas, diseño del puesto de trabajo y propuesta de modernización del laboratorio, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2006.
25. Normas para cimentaciones en obras civiles, http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/a_labgeo/labgeo42_a.pdf, 2014

26. Núñez Carlos, Curvas características de motores y vehículos, www.mepuedeservir.es, España abril 2012.
27. Pamplona J., Diseño de una sala de pruebas para motores alternativos de combustión interna, Escola Técnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, marzo 2007.
28. Pressel J, Budget Estimate, Tandem Dyno Engine Test Cell, HORIBA ATS, Ann Harbor MI Estados Unidos, 10 de diciembre de 2014.
29. Reyes M y Anaya G., Diseño de un Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en el área de motores de combustión interna, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga 2008.
30. SLIDESHARE, <http://www.slideshare.net/omarlagla/longitud-equivalente-123>, 2015.
31. Torres, H., Sistematización del Diseño de Cimentaciones para transformadores, generadores y bombas, Escuela Politecnica Nacional, Quito 2010.
32. Universidad Autónoma de Nuevo León, Los tipos de maquinaria y sus cimentaciones, <http://cd.dgb.uanl.mx/>, México.
33. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, <http://moodle3.uca.edu.sv/cef/212/course/info.php?id=240>, 2014.
34. Universidad Nacional de Colombia, http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ingenieria/2001766/temas/general/02_medtorque.htm, Enero 2015.

35. Valores de módulo de elasticidad del hormigón, [http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon 01.pdf](http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado/hormigon%2001.pdf), 2014.
36. YALE, <http://www.tecniyale.com/archivos/pdf/a7/a7e022e7.pdf>, Agosto 2014.