

T/620.1/P23

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
EXAMINAR PARÁMETROS DE
PERFORMANCE EFECTIVOS DE UN MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 40 HP CON
SISTEMA DUAL A RÉGIMEN VARIABLE.
INSTITUTO DE MCI – FIME – UNAC”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

JUAN EDUARDO PANTA OLAYA
JOSÉ EDUARDO PANTA OLAYA

Callao, Diciembre, 2015
PERÚ

ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL
MODALIDAD: TESIS SIN CICLO DE TESIS

A los **DIECINUEVE** días del mes de **FEBRERO** del dos mil dieciséis, siendo las 16:00 horas, se procedió a la instalación del **Jurado Evaluador de Tesis** para su Sustentación en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes:

- **PRESIDENTE** : **Mg. JAIME GREGORIO FLORES SÁNCHEZ**
- **SECRETARIO** : **Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA**
- **VOCAL** : **Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVÍAS**
- **ASESOR** : **Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN**

Con el fin de dar inicio a la **SUSTENTACION DE LA TESIS**, presentada por los Srs. Bachs. **PANTA OLAYA, Juan Eduardo y PANTA OLAYA, José Eduardo** quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustentarán la Tesis titulada: **“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EXAMINAR PARÁMETROS DE PERFORMANCE EFECTIVOS DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 40HP CON SISTEMA DUAL A RÉGIMEN VARIABLE, INSTITUTO DE MCI – FIME – UNAC”**

Con el quórum reglamentario de Ley se dio inicio a la Sustentación de Tesis de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente, luego de las preguntas formuladas y efectuadas las deliberaciones pertinentes, se acordó dar por APROBADO con el calificativo de Buena (15), al señor Bachiller **PANTA OLAYA, Juan Eduardo** y APROBADO con el calificativo de Buena (15) al señor Bachiller **PANTA OLAYA, José Eduardo**.

Con lo que se dio por cerrada la sesión a las 17:45 h. del día **19 de Febrero del 2016**.


Mg. Ing. JAIME GREGORIO FLORES SANCHEZ
PRESIDENTE


Ing. JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA
SECRETARIO


Ing. ESTEBAN ANTONIO GUTIÉRREZ HERVÍAS
VOCAL


Dr. FÉLIX ALFREDO GUERRERO ROLDÁN
ASESOR

DEDICATORIA

En memoria de nuestra querida madre, por su viva presencia espiritual quien, por su pronta partida, nunca pudo ver cosechar los frutos de nuestros esfuerzos pero, aunque se haya ido, vive en nuestros pensamientos y nuestros corazones la llevan perpetua en su recuerdo.

A nuestro padre y hermanos, por ser nuestro motor y motivo durante este arduo camino recorrido, en aras de superar este nuevo reto para alcanzar nuestro objetivo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su infinito amor.

A nuestro padre y hermanos, por estar siempre a nuestro lado con su perseverante e incondicional apoyo.

A nuestro estimado asesor, por depositar toda su confianza en nosotros, por su constante preocupación porque todo marche de viento en popa.

A nuestros profesores, por brindarnos sus conocimientos, por su paciencia e incondicional apoyo y confianza en todo momento.

A nuestros amigos y, a todos quiénes nos ayudaron en la realización de este trabajo.

ÍNDICE

	pág.
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	4
ÍNDICE DE ANEXOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	9
ÍNDICE DE PLANOS.....	10
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 Identificación del problema.....	16
1.2 Formulación del problema	17
1.2.1 Problema general	17
1.2.2 Problemas específicos	17
1.3 Objetivos de la investigación	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificación.....	18
1.5 Importancia.....	19
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes de estudio	20
2.2 Marco conceptual	23

2.2.1 Banco de pruebas para un MCI	23
2.2.2 Definiciones básicas para con el diseño	35
2.3 Normatividad.....	46
2.3.1 Código	46
2.3.2 Norma o Estándar	46
2.3.3 Práctica recomendada	46
2.3.4 Reglamento.....	46
2.3.5 Normativa aplicada para el diseño, cálculo y selección de los componentes del Banco de pruebas.....	47
CAPÍTULO III VARIABLES E HIPÓTESIS	54
3.1 Variables de la investigación.....	54
3.1.1 Variable independiente.....	54
3.1.2 Variable dependiente	54
3.2 Operacionalización de las variables	54
3.3 Hipótesis de la investigación.....	55
3.3.1 Hipótesis general	55
3.3.2 Hipótesis específicas	55
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA.....	56
4.1 Tipo de investigación	56
4.2 Diseño de la investigación.....	56
4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	56
4.4 Procedimiento de recolección de datos	56
CAPÍTULO V RESULTADOS.....	58

5.1 Diseño, cálculo y selección de los componentes del banco	58
5.1.1 Motor de combustión interna (MCI) de pruebas	58
5.1.2 Freno dinamométrico hidráulico	59
5.1.3 Junta universal (eje cardán).....	59
5.1.4 Memoria de cálculo del análisis estructural del bastidor (Tronco de pirámide o pirámide truncada).....	64
5.1.5 Memoria de cálculo del diseño del tanque de almacenamiento de combustible.....	89
5.1.6 Memoria de cálculo del diseño de la estructura para el soporte del Tablero de mando y control.....	98
5.1.7 Cálculo y selección de los dispositivos de medición y control	109
5.1.8 Memoria de cálculo del diseño y selección del intercambiador de calor (ICC)	117
5.1.9 Memoria de cálculo de la soldadura en las uniones soldadas.....	121
5.1.10 Análisis del suelo:.....	123
5.1.11 Cimentación de la unidad de instrucción experimental.....	124
5.1.12 Montaje de los componentes del Banco de pruebas.....	126
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS	129
6.1 Contrastación de la hipótesis con los resultados	129
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	129
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES.....	130
CAPÍTULO VIII RECOMENDACIONES	131
CAPÍTULO IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	135

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	pág.
FIGURA N° 2.1	21
FIGURA N° 2.2	22
FIGURA N° 2.3	22
FIGURA N° 2.4	24
FIGURA N° 2.5	27
FIGURA N° 2.6	29
FIGURA N° 2.7	38
FIGURA N° 2.8	39
FIGURA N° 2.9	39
FIGURA N° 2.10	40
FIGURA N° 2.11	41
FIGURA N° 2.12	43
FIGURA N° 5.1	61
FIGURA N° 5.2	62
FIGURA N° 5.3	67
FIGURA N° 5.4	68
FIGURA N° 5.5	70
FIGURA N° 5.6	73
FIGURA N° 5.7	74
FIGURA N° 5.8	76
FIGURA N° 5.9	79

FIGURA N° 5.10	80
FIGURA N° 5.11	83
FIGURA N° 5.12	85
FIGURA N° 5.13	86
FIGURA N° 5.14	88
FIGURA N° 5.15	99
FIGURA N° 5.16	105
FIGURA N° 5.17	106
FIGURA N° 5.18	117
FIGURA N° 5.19	120
FIGURA N° 5.20	120
FIGURA N° 5.21	121

ÍNDICE DE ANEXOS

	pág.
ANEXO N° I Matriz de consistencia.....	136
ANEXO N° II Modelo de la caja negra	138
ANEXO N° III Cronograma de ejecución	141
ANEXO N° IV PPI / ITP	143
ANEXO N° V Plan de mantenimiento	146
ANEXO N° VI Costos y presupuesto.....	165
ANEXO N° VII Tablas.....	172
ANEXO N° VIII Brochure (Catálogos).....	204
ANEXO N° IX Análisis Energético de un MCI	215
ANEXO N° X Propuesta de guía para experiencias en laboratorio.....	223
ANEXO N° XI Simulación de experiencias en laboratorio	255
ANEXO N° XII Planos.....	266

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
TABLA N° 7.1.....	173
TABLA N° 7.2.....	174
TABLA N° 7.3.....	175
TABLA N° 7.4.....	176
TABLA N° 7.5.....	177
TABLA N° 7.6.....	177
TABLA N° 7.7.....	178
TABLA N° 7.8.....	179
TABLA N° 7.9.....	180
TABLA N° 7.10.....	181
TABLA N° 7.11.....	182
TABLA N° 7.12.....	183
TABLA N° 7.13.....	184
TABLA N° 7.14.....	185
TABLA N° 7.15.....	186
TABLA N° 7.16.....	187
TABLA N° 7.17.....	188
TABLA N° 7.18.....	189
TABLA N° 7.19.....	190
TABLA N° 7.20.....	191
TABLA N° 7.21.....	191

TABLA N° 7.22.....	192
TABLA N° 7.23.....	193
TABLA N° 7.24.....	194
TABLA N° 7.25.....	195
TABLA N° 7.26.....	196
TABLA N° 7.27.....	197
TABLA N° 7.28.....	198
TABLA N° 7.29.....	199
TABLA N° 7.30.....	200
TABLA N° 7.31.....	201
TABLA N° 7.32.....	202
TABLA N° 7.33.....	203

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	pág.
GRÁFICO N° XI.7.1: MOMENTO EFECTIVO	262
GRÁFICO N° XI.7.2: POTENCIA EFECTIVA	263
GRÁFICO N° XI.7.3: CONSUMO ESPECÍFICO EFECTIVO DE COMBUSTIBLE	264
GRÁFICO N° XI.7.4: EFICIENCIA TÉRMICA EFECTIVA.....	265

ÍNDICE DE PLANOS

	pág.
PLANO N° PI-BPMCI-01-001	267
PLANO N° PI-BPMCI-01-002	268
PLANO N° PI-BPMCI-02-001	269
PLANO N° PI-BPMCI-02-002	270
PLANO N° PI-BPMCI-02-003	271
PLANO N° PI-BPMCI-02-004	272
PLANO N° PI-BPMCI-02-005	273
PLANO N° PI-BPMCI-03-001	274
PLANO N° PI-BPMCI-04-001	275
PLANO N° PI-BPMCI-05-001	276
PLANO N° PI-BPMCI-06-001	277
PLANO N° PI-BPMCI-06-002	278
PLANO N° PI-BPMCI-07-001	279
PLANO N° PI-BPMCI-07-002	280
PLANO N° PI-BPMCI-08-001	281
PLANO N° PI-BPMCI-09-001	282
PLANO N° PI-BPMCI-10-001	283

RESUMEN

La presente investigación consiste en el diseño un banco de pruebas de instrucción experimental a condiciones de laboratorio, para la cátedra del análisis exclusivo de un motor de combustión interna (MCI), a gasolina y GLP, como contrastar parámetros de performance efectivos como el Torque al freno (Par torsor), la Potencia útil (al eje o al freno), Eficiencia mecánica, Presión media, Eficiencia térmica, Consumo horario de combustible (Flujo másico de combustible), Consumo específico de combustible, Eficiencia o rendimiento volumétrico, Consumo horario de aire (Flujo másico de aire), Coeficiente de exceso de aire, Coeficiente de llenado; así como también, analizar la tendencia de sus curvas características externas, en función de la velocidad y carga a regímenes de operación variable.

Para ello, se ha tenido en cuenta la normatividad nacional e internacional vigente y antecedentes de estudio afines al presente informe.

El MCI (después de efectuar su periodo de rodaje, su asentamiento y su puesta a punto) se fija sobre su bancada (bastidor) y se conecta al freno dinamométrico hidráulico por medio de una junta cardánica (porque permite cierta desalineación entre ambos). Instalado el Banco, el MCI genera un “par motor” y el freno opone un “par de frenado” hasta equilibrarlo y estabilizar el “régimen de giro”; por lo tanto, se obtiene la “potencia” en el eje cigüeñal.

PALABRAS CLAVES: Banco de pruebas, Parámetros de performance efectivos, MCI, Freno dinamométrico hidráulico, Sistema dual, Curvas características.

ABSTRACT

This research consists of the design of an experimental instruction testing bench under laboratory conditions, for the subject of the exclusive analysis of an internal combustion engine (ICE), powered by gasoline and liquefied petroleum gas (LPG); contrasting parameters of effective performance as torque brake (torque), useful power (shaft or brake), mechanical efficiency, average pressure, thermal efficiency, fuel mass flow rate, fuel specific mass flow rate, volumetric efficiency, air mass flow rate, excess air coefficient, filling coefficient; and in the same way, analyzing the tendency of its external characteristic curves, in function of velocity and load under variable operating regimes.

For this purpose, previous research's, current national and international standards have been considered.

The ICE (after its break-in and set-up period) is fixed on its frame and connected to hydraulic dynamometer by mean of an universal joint (because it allows some misalignment between both of them). As soon as installed on the frame, the ICE generates the torque and the brake opposes a "braking torque" up to balance it and stabilize the "engine speed "; therefore, the "power" is obtained in the crankshaft.

KEYWORDS: Testing bench, effective performance parameters, ICE, hydraulic dynamometer, dual system, characteristic curves.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias observadas en el mundo competitivo y globalizado en que vivimos nos plantean un conjunto de retos de adaptación en constante actualización acorde a los cambios mundiales contemporáneos, avances científicos y tecnológicos, y a las exigencias del mercado; todo ello, repercute en la necesidad de establecer instancias cualitativas y cuantitativas de aseguramiento y promoción de la calidad académica como política de Estado a través de sus instituciones educativas.

Sin embargo, si bien es cierto, la Universidad es una comunidad académica orientada a la investigación y a la docencia, que brinda una formación humanista, científica y tecnológica, que goza de total autonomía para pensar e investigar en libertad, sin coacción alguna ni física ni ideológica ¹; pues, un tema álgido es el de los presupuestos de las Universidades Públicas y ello se refleja, por ejemplo, en la carencia de módulos de instrucción experimental a condiciones de laboratorios debido a que se requiere de mayores medios económicos para adquirirlos.

El desarrollo de la presente Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, surge de la necesidad de implementar con un Banco de Pruebas al Instituto de Motores de Combustión Interna – IMCI, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía – FIME, Universidad Nacional del Callao – UNAC; para que sus docentes y estudiantes realicen investigación experimental de contrastación de parámetros de performance efectivos para analizar la tendencia de las curvas características fundamentales (externas) que rigen el comportamiento y funcionamiento real de un MCI de encendido por chispa

¹ *Ley universitaria N° 30220. Website: <http://www.educacionenred.pe/noticia/?portada=56737>*

(E.CH.) con sistema dual, en función de la velocidad y carga a regímenes de operación variable. Aprovechando los recursos propios del IMCI, escogiendo un MCI Daewoo de Tico 0.8 de 40 HP.

El desarrollo del presente Informe consta de siete capítulos:

- **En el Capítulo I**, se identifica, plantea y formula el **problema** para afinar y estructurar formalmente la idea de la investigación y, como respuestas de solución, se mencionan los **objetivos** que se esperan alcanzar, **justificado** por resolver un problema social de suma **importancia**.
- **En el Capítulo II**, se da un **marco conceptual** para definir con precisión los conceptos más importantes que sirven de fundamento y orientación de todo el desarrollo de la investigación; mencionando **antecedentes de estudio** y avalado por las respectivas **normatividades** afin a la presente investigación.
- **En el Capítulo III**, se identifica las **variables** para realizar su respectiva **operacionalización** y posteriormente formular las **hipótesis** como respuestas tentativas, objetivos, al problema de la investigación y fundamentadas por el marco conceptual.
- **En el Capítulo IV**, el planteamiento del problema y el marco teórico indican el **tipo** y **nivel** de investigación, a su vez nos llevará a seleccionar el tipo de hipótesis y con ello un determinado **diseño** de investigación, mediante un **procedimiento de técnicas e instrumentos** de recolección de datos que nos permitirá sustentar las hipótesis de la presente investigación.
- **En el Capítulo V**, se muestra los **resultados** logrados.
- **En el Capítulo VI**, se detalla un minucioso y concienzudo **discusión** de

resultados lo cual nos permite **contrastar las hipótesis** y con otros **estudios similares** a la investigación.

- **En el Capítulo VII**, se manifiesta las **conclusiones** de la investigación.
- **En el Capítulo VIII**, se expresa las **recomendaciones** de la investigación.
- **En el Capítulo IX**, se cita las **referencias bibliográficas**, como fuentes de consulta, utilizadas para el desarrollo del presente Informe de Tesis.

El diseño de la presente Tesis está sustentado bajo los conceptos científicos, teóricos y prácticos de las materias de Diseño en ingeniería mecánica, Diseño de máquinas, Mecánica de materiales, Análisis estructural, Mecánica de fluidos, Máquinas hidráulicas, Termodinámica, Transferencia de calor, Máquinas térmicas y Motores de combustión interna.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Identificación del problema

La FIME es una de las once Facultades que conforman a la UNAC², de acuerdo a su Organigrama y a su Manual del Organización y Funciones (MOF - FIME)³ cuenta con seis Institutos; como el IMCI, donde por semestre académico un promedio de ciento veinte alumnos de su población estudiantil realizan experiencias a condiciones de laboratorio en las especialidades de Ingeniería Automotriz y Motores de Combustión Interna pero, se puede aumentar hasta un promedio de ciento ochenta⁴ alumnos si es que también se realizaran experiencias en la especialidad de Termodinámica II⁵ sin embargo, no se realizan porque actualmente no se cuenta con un módulo de instrucción experimental a condiciones de laboratorio que permita la contrastación de parámetros de performance efectivos para analizar la tendencia de las curvas características fundamentales externas que rigen el funcionamiento real de un motor E.CH., a Gasolina y GLP, en función de la carga a régimen variable. Debido al elevado costo de adquisición y, al ser importado dificulta y encarece su reparación y/o mantenimiento por la falta de compatibilidad de sus repuestos en el mercado nacional.

² Ley N° 23733 (18/12/1983). Website: <http://www.unac.edu.pe/index.php?id=ResenaHistorica>

³ Resolución N° 019-03 (14/01/2003). Website: http://fime.unac.edu.pe/1_msg_b.php

⁴ Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica – DEPIM.

⁵ Malla curricular FIME. Resolución N° 146-2006-CU (06/11/2006).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo diseñar un Banco de pruebas que permita examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué se debe considerar para seleccionar el freno dinamométrico?
- ¿Cuáles son los parámetros a considerar para seleccionar los componentes e instrumentos de medición y control?
- ¿Qué se debe tener en cuenta al diseñar el Banco de pruebas para una accesible operación y toma de datos?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control para examinar parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.

1.3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el freno dinamométrico, en función del MCI de prueba.
- Seleccionar los componentes e instrumentos de medición y control, considerando los parámetros de las características técnicas del MCI de prueba y la ubicación geográfica del lugar de operación.
- Diseñar la estructura del Banco teniendo en cuenta una distribución

uniforme de los pesos y ubicación ergonómica de sus componentes, para su accesible operación y toma de datos.

1.4 Justificación

El desarrollo de la presente Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, se encuentra avalado dentro de una “**Justificación tecnológica**”⁶, apoyada en la modalidad de proyecto factible, estudio técnico de mercado, en aras de solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad.

- **Justificación económica**, porque al comparar en la balanza de gastos estimados, costos y presupuesto, es más económico su construcción que comprarlo de fábrica.
- **Justificación tecnológica**, porque se propone tecnología del mercado nacional para su construcción, selección, montaje y desmontaje de sus componentes y, por la compatibilidad de los mismos para su reparación y/o mantenimiento. Adicionalmente adjuntaremos sus respectivas ficha de Especificaciones técnicas, Manual de procedimientos y operaciones, Plan de mantenimiento (manual de reparación y mantenimiento).
- **Justificación social**, porque la FIME a través del IMCI realizará experiencias didácticos y/o pedagógicos no sólo en las especialidades de Ingeniería Automotriz y Motores de Combustión Interna sino también en la especialidad de Termodinámica II, aumentando de un promedio de ciento veinte a ciento ochenta alumnos de su población estudiantil, por

⁶ *ESPINOZA MONTES, Ciro. Metodología de investigación tecnológica. Segunda Edición. 2014.*

semestre académico; con la consigna de contribuir con el objetivo fundamental de la UNAC⁷: “Formar profesionales competitivos con un prestigioso elevado nivel de calidad académica profesional, con conocimientos sólidos e integrales y que su experimentada formación se amalgamen consolidando su madurez profesional, estimulando la chispa que encienda la llama del espíritu investigador e innovador tecnológico, científico y humanístico para que sean verdaderos y honestos servidores de la sociedad, lo cual redundaría en beneficio propio e institucional, en aras del desarrollo social, económico, cultural, moral y ético de nuestro País”.

1.5 Importancia

En nuestro anhelo de afrontar nuevos retos y con el propósito de ofrecer a los futuros profesionales de ingeniería, toda una gama de herramientas académicas afines a su carrera, contrastando los conocimientos teóricos con la práctica; la presente investigación propone el diseño de un banco de pruebas para MCI con sistema dual. Su importancia radica en el único objetivo de implementar al IMCI - FIME – UNAC, con módulos de instrucción experimental a condiciones de laboratorio.

⁷ UNAC. Website: <http://www.unac.edu.pe/index.php?id=ResenaHistorica>.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de estudio

A. Gutiérrez Hervias, Esteban Antonio (2005) en su Informe Profesional titulado **“Cálculo, Selección y Montaje de los Componentes de un Banco de Instrucción Experimental para un Motor Diésel de 100 HP a Régimen Variable”**, concluye que es factible y económico diseñar y construir un Banco de Pruebas de instrucción experimental a condiciones de laboratorio.

La presente investigación tiene mucha semejanza con el informe citado, la diferencia radica en que en este caso utilizaremos un MCI a Gasolina y GLP; por esta razón la tomaremos como base para el desarrollo de la presente Tesis.

B. Goñi Delión, Juan Carlos (1982) en su Tesis Profesional titulada **“Diseño de un Banco de Pruebas de un Motor a Gasolina con Fines Académicos”**, determina que es más rápido y económico su construcción aprovechando al máximo los recursos propios con los que cuenta la Institución a beneficiar.

En la tesis mencionada también se trabaja con un motor de encendido a chispa y de recurso propio de la FIME, la diferencia radica en que en este caso utilizaremos un MCI con sistema dual, Gasolina y GLP; por esta razón tomaremos parte de la información para el desarrollo de la presente investigación.

C. Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP⁸, Dpto. de Ingeniería, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Sección de Ingeniería Mecánica, Laboratorio de Energía, “**Banco de ensayo en MCI**”. Se demuestra que es viable diseñar y construir un Banco de Pruebas con tres tipos de combustible (Gasolina, GLP y GNV).

Respecto al ensayo de laboratorio antes mencionado, tiene mucha similitud con los objetivos de la presente investigación; motivo por el cual la tomaremos como guía para desarrollar parte de la investigación.

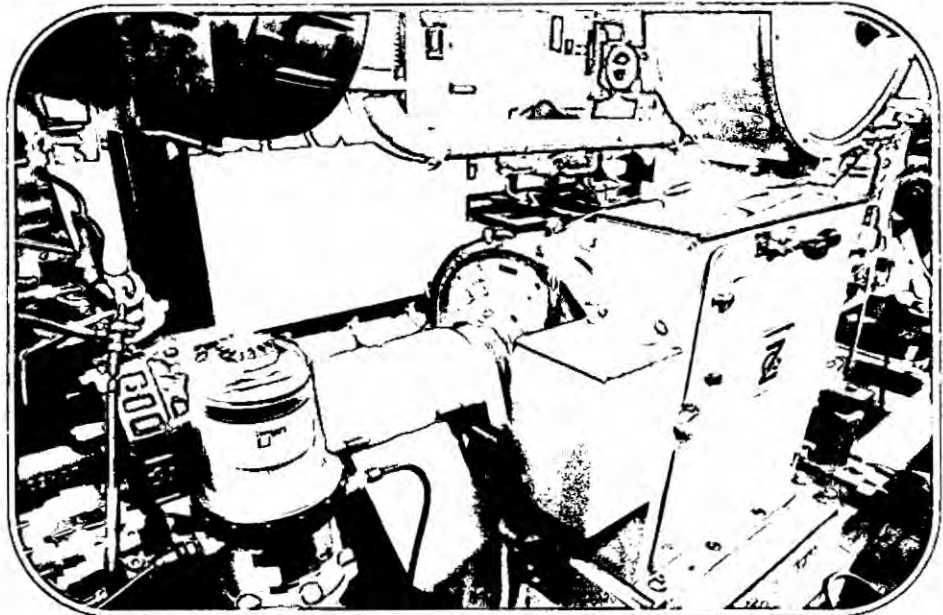
FIGURA N° 2.1
BANCO DE ENSAYO EN MCI - LABORATORIO DE ENERGÍA



Fuente: <http://fotos.pucp.edu.pe/fotos/ver/19895/709/0>

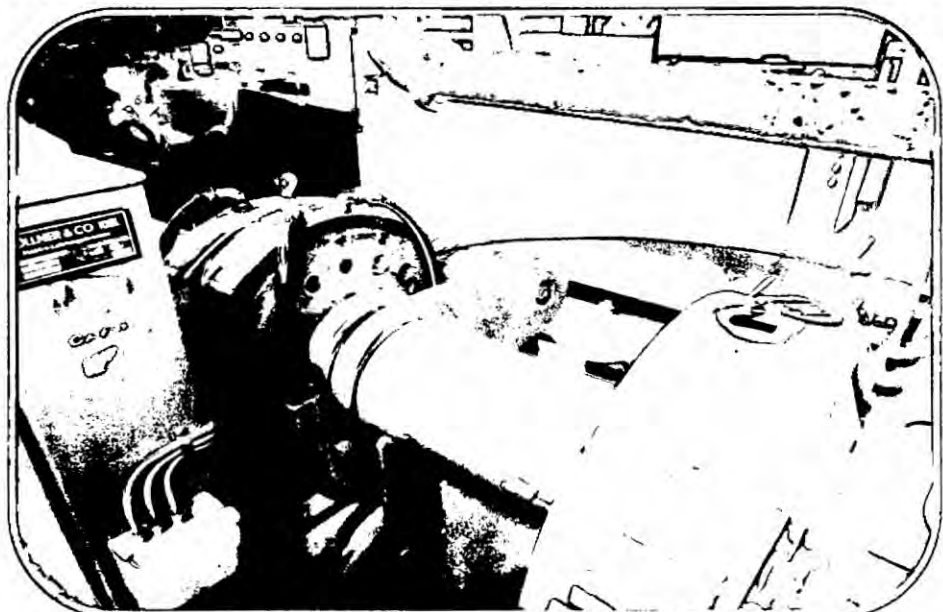
⁸ PUCP. Website: <http://facultad.pucp.edu.pe/ingenieria/>

FIGURA N° 2.2
BANCO DE ENSAYO EN MCI - LABORATORIO DE ENERGÍA



Fuente: <http://innovapucp.pucp.edu.pe/infraestructura-de-laboratorios/mapa-de-laboratorios/>

FIGURA N° 2.3
BANCO DE ENSAYO EN MCI - LABORATORIO DE ENERGÍA



Fuente: <http://innovapucp.pucp.edu.pe/infraestructura-de-laboratorios/laboratorio-de-energia/>

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Banco de pruebas para un MCI

Sistema formado por una serie de elementos e instrumentos de medición y control que, permiten simular y analizar el comportamiento y funcionamiento real de un MCI para realizar investigación experimental de contrastación de parámetros de performance efectivos y analizar la tendencia de sus curvas características fundamentales, en función de la velocidad y carga a regímenes de operación variable; así como también, un análisis energético con la finalidad de investigar el desarrollo de los fenómenos físicos y químicos del MCI, mediante un Balance Térmico, el cual permite cuantificar el Flujo calorífico, Calor útil y los Calores perdidos, Evolución de las presiones en el cilindro y la Composición de los gases de combustión. El MCI se fija sobre su bancada y se conecta a un freno dinamométrico hidráulico por medio de una junta cardánica; éste, genera un “par motor” y el freno opone un “par de frenado”, hasta equilibrar o igualar al par motor y estabilizar el “régimen de giro”; por lo tanto, se obtiene la “potencia” en el eje cigüeñal.

A. Componentes del Banco:

i. Motor de combustión interna (MCI) de pruebas

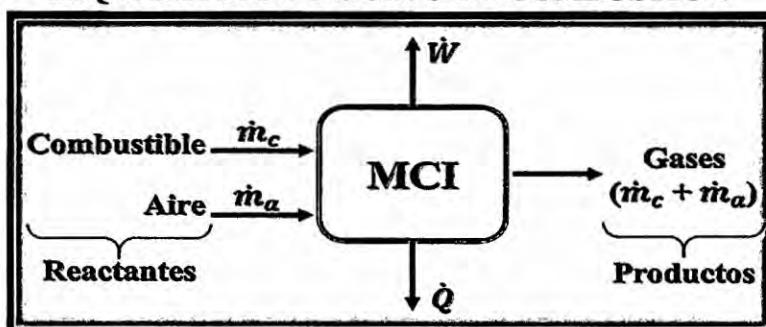
Llamado también motor Endotérmico (émbolo o pistón alternativo). Máquina térmica de desplazamiento positivo, en cuyo

cilindro de trabajo (cámara de combustión) tiene lugar la quema de combustible (la sustancia de trabajo participa en el proceso de la reacción química o de combustión). Transforma la energía química del combustible (energía calorífica) en trabajo mecánico.

➤ **Nota.-** Los motores térmicos de combustión se clasifican:

- Motores térmicos alternativos:
 - ◆ MCI alternativos: De explosión – Diésel.
 - ◆ MC externa alternativos: Máquina de vapor.
- Motores térmicos rotativos:
 - ◆ MCI rotativos: De explosión – Turbina de gas.
 - ◆ Motores de combustión externa rotativos: Turbina de vapor.

FIGURA N° 2.4
ESQUEMA DEL PROCESO DE COMBUSTIÓN



Fuente: Gutiérrez H., Esteban A. Informe de Titulación, pág. 16.

➤ **Donde:**

- \dot{W} = Potencia suministrada por la máquina (KW).
- \dot{Q} = Flujo de calor que se transfiere al agua de enfriamiento (KW).
- \dot{m}_c = Flujo másico de combustible (Kg/s).
- \dot{m}_a = Flujo másico de aire (Kg/s).

a. Clasificación de los MCI:

➤ Según la forma de provocar la ignición o encendido de la mezcla (forma de iniciar la combustión):

- Encendido provocado: De ciclo Otto o de gasolina.
- Encendido por compresión: Son los de ciclo Diésel.

➤ **Por su alimentación de combustible:**

- Carburado.
- Inyectado.

➤ **Según el procedimiento de encendido del combustible (forma en que se realiza la combustión):**

- De explosión (Gasolina).- Encendidos por chispa eléctrica (E.CH.), que inflama el combustible comprimido.
- Diésel.- Encendidos por compresión (E.C.) del combustible.
- De pre-combustión.- La mezcla se enciende en una cámara de combustión especial (antecámara) de pequeño volumen y después del proceso de combustión continua en la cámara principal.
- Con encendido del combustible gaseoso.- Por una pequeña porción de aceite diésel que se inflama por compresión (proceso líquido - gaseoso).

➤ **Por su disposición de cilindros:**

- En línea.- 2, 3, 4,...12.
- En V.- 2, 4, 8,...16,18.
- Horizontales.
- Opuestos.
- Rotativo: Radial.

➤ **Según la forma de hacer la renovación de la carga (método de efectuar el ciclo de trabajo):**

- **Ciclo de dos tiempos (2T).**- Realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (1^{er} tiempo: Admisión, 2^o tiempo: Compresión, 3^{er} tiempo: Explosión y 4^o tiempo: Escape). El ciclo de trabajo se completa en dos movimientos lineales del émbolo o pistón y una vuelta del eje cigüeñal.
- **Ciclo de cuatro tiempos (4T).**- Realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico de combustión. El ciclo de trabajo se completa en cuatro carreras lineales del émbolo o pistón y dos revoluciones del eje cigüeñal. La renovación de la carga se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape.

b. Características del régimen de funcionamiento

El vehículo automotor opera siendo variables las condiciones de carga y velocidad; por eso, para analizar el funcionamiento del motor es necesario tener una serie de características que determinan la variación de sus principales índices en función de alguno de sus parámetros característicos.

➤ **Parámetros de admisión.**- Se evalúan a través de:

- **Eficiencia volumétrica (η_v).**- Determina la cantidad de aire real con respecto a la cantidad de aire teórico que ingresa al cilindro.

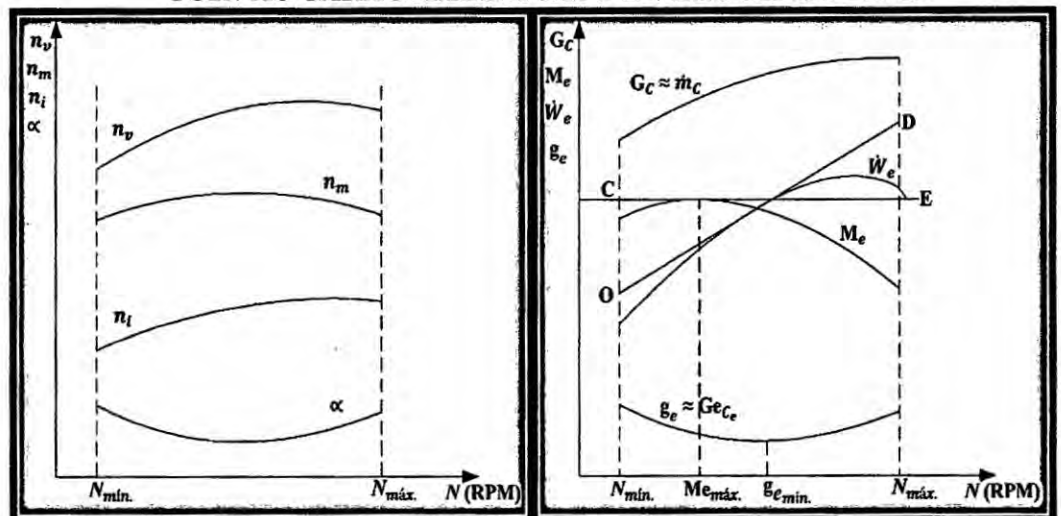
- **Coefficiente de exceso de aire (α).**- Determina el enriquecimiento o empobrecimiento de la mezcla.

➤ **Curvas características externas de velocidad.**-

Representación gráfica de los parámetros del ciclo de trabajo y de los parámetros efectivos del motor en función de la variación de la velocidad de rotación del eje del cigüeñal. Cuando la mariposa de gases del carburador está completamente abierta (motor E.CH.). Se denomina características externas de velocidad a la variación en función de la frecuencia de rotación de:

- Potencia efectiva (\dot{W}_e).
- Momento torsional, Par motor o Momento efectivo (M_e).
- Consumo específico efectivo de combustible ($C_{e_{c_e}} = g_e$).
- Eficiencia térmica efectiva (η_{t_e}).

FIGURA N° 2.5
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE VELOCIDAD - MCI



Fuente: Propia de los autores.

Al obtener estas características se registran parámetros como:

- Consumo horario de combustible (G_c) o Flujo másico de combustible (\dot{m}_c).
- Eficiencia o Rendimiento volumétrica o Coeficiente de llenado (η_v).
- Coeficiente de exceso de aire (α).
- Potencia indicada (\dot{W}_i).
- Eficiencia mecánica (η_m).

♦ **Condición.-** El MCI no puede experimentar cargas cuando el número de revoluciones del eje del cigüeñal es pequeño.

► **Curvas características de carga.-** Representación gráfica de la variación de los principales índices del motor (parámetros del ciclo de trabajo y parámetros efectivos en función de la carga a una velocidad de rotación constante del eje del cigüeñal). La característica de carga queda determinada por 3 parámetros que definen los regímenes de funcionamiento:

- Consumo horario y específico de combustible a plena carga.
- Consumo horario y específico de combustible mínima carga.
- Consumo horario y específico de combustible en marcha en vacío.

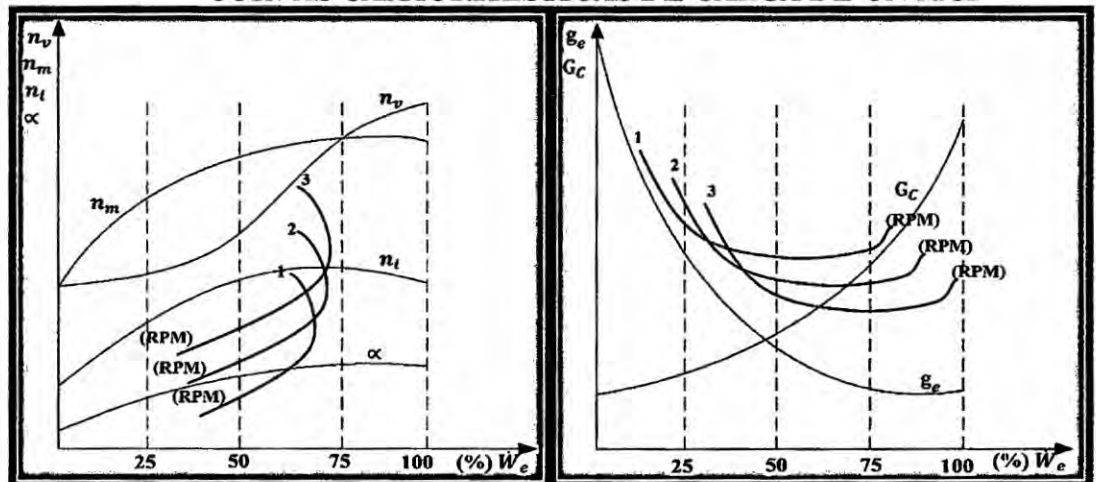
Como variable de carga se consideran a cualquiera de los siguientes parámetros:

- Potencia efectiva (\dot{W}_e).

- Momento torsional, Par motor o Momento efectivo (M_e).
- Presión media efectiva (p.m.e.).

El ensayo consiste en obtener dos características de carga, correspondientes a las velocidades de máximo par y potencia nominal del motor; para ello, al hacer las pruebas en el Banco de frenado, la carga del motor se varía desplazando el órgano de mando de la alimentación del combustible.

FIGURA N° 2.6
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CARGA DE UN MCI



Fuente: Propia de los autores.

► **Performance.-** Lo utilizaremos para comparar la tendencia de las curvas características fundamentales externas (representación gráfica para predecir el comportamiento de la máquina) que rigen el funcionamiento real de un MCI al satisfacer necesidades de carga (aire que ingresa al MCI) a regímenes de operación variable (diferentes rpm), para establecer la relación que existe entre las potencias, eficiencia y consumo específicos.

c. Sistemas auxiliares

➤ **Sistema de carga y arranque (Sistema eléctrico).**- El sistema de arranque del motor de nuestro banco de prueba, se acciona por intermedio de la corriente eléctrica y voltaje de un acumulador (batería) y es el que va a poner en accionamiento al motor del banco de prueba.

• Componentes:

- ◆ Arrancador de 24 voltios
- ◆ Volante
- ◆ Batería de 24 voltios.- Aplicar silicona o grasa (apta para altas temperaturas) en los bornes para proteger de chispas, corrosión u óxido.

➤ **Sistema de alimentación de aire.**- La cantidad de flujo másico de aire es importante en el motor, para obtener una combustión completa y para que pueda dar su mayor potencia.

• Componentes:

- ◆ Filtros de aire
- ◆ Depósito de filtro de aire
- ◆ Mangueras
- ◆ Múltiple de admisión

➤ **Sistema de alimentación de combustible.**- El equipo de inyección que se instala en el motor efectúa el suministro de combustible al cilindro, la posterior pulverización y la

distribución parcial en el volumen de la cámara de combustión.

- **Componentes:**

- ◆ Tanque de combustible
- ◆ Filtro de combustible
- ◆ Bomba de alimentación
- ◆ Carburador
- ◆ Bujías
- ◆ Cañerías

➤ **Sistema de lubricación.-** Cuando los motores se intensifican con respecto a sus índices energéticos, aumentan las velocidades, las presiones, las temperaturas y estos inciden sobre los componentes internos del motor.

- El sistema de lubricación en estas condiciones debe asegurar:

- ◆ La existencia de una película portante de aceite.
- ◆ La refrigeración de las superficies mediante la evacuación del calor por el aceite.
- ◆ El arrastre de las partículas debidas al desgaste de los elementos internos.

- **Componentes:**

- ◆ Bomba de aceite
- ◆ Filtro de aceite
- ◆ Conductos de aceite

- ◆ **Cárter**

➤ **Sistema de refrigeración.-** La elevación de la potencia en las maquinas térmicas, incrementan la cantidad de calor que se transfiere al sistema de refrigeración. La efectividad del sistema de refrigeración por agua se eleva con el aumento de la circulación del líquido, su temperatura máxima y la cantidad de calor disipado en el intercambiador, en general con regulación termostática por medio de válvulas motorizadas. Si los motores son refrigerados por aire, se suele utilizar un soplante dirigido hacia las aletas del motor. En ocasiones también se refrigera el aceite del motor, ya que al no existir una corriente de aire al cárter, éste tiende a sobrecalentarse. El sistema consta de un intercambiador aceite/agua y en ocasiones de una bomba auxiliar.

- **Componentes:**

- ◆ Cámara de agua
- ◆ Termostato
- ◆ Intercambiador de calor (Radiador)
- ◆ Bomba de agua
- ◆ Ventilador
- ◆ Mangueras

➤ **Sistema de gases de escape.-** Los gases producidos en el proceso de combustión, son evacuados al medio ambiente,

una obstrucción en su salida repercutiría en un recalentamiento del motor.

• **Componentes:**

- ◆ Múltiple de escape
- ◆ Silenciador
- ◆ Válvula de escape

ii. Freno dinamométrico

Dispositivo, cuya función principal es la de absorber la potencia desarrollada por el MCI utilizando el principio de acción y reacción. En esencia, está compuesto por rodets que giran solidarios con el eje cigüeñal o rotor y unos rodets fijos o estator envuelto por una carcasa que se encuentra anclada a la bancada (bastidor) o forma parte de ella, pero pudiendo girar libremente, entonces el par motor (par de acción) tiende a hacer girar la carcasa, pero se impide ofreciendo una resistencia igual y contrario al giro de éste (par frenante de reacción). Los más comunes para este fin son los torsiómetros y los dinamómetros de diferentes tecnologías como:

a. Dinamómetros motores

b. Dinamómetros de absorción

➤ **Dinamómetros mecánicos (por fricción)**

- De cuerda
- De zapata

➤ **Dinamómetros eléctricos**

➤ **Dinamofrenos**

➤ **Dinamómetros hidráulicos**

Acoplamiento hidráulico toroidal fijo con el eje de salida de la turbina calado. Consta generalmente de una bomba movida por un motor y una turbina movida por el líquido impulsado por la bomba, líquido que circula por las diferentes cavidades y retorna al depósito de donde vuelve a aspirarlo la bomba. El par y la potencia, se transmiten merced a un pequeño deslizamiento entre el rotor y el estator; es decir, que el estator (la turbina) gira un poco más despacio que el rotor. Si calamos o detenemos el estator, el acoplamiento se convierte en un freno hidráulico y se frenaría el rotor, calentándose cada vez más el fluido [toda la potencia frenada (energía mecánica que reciben del motor) se transforma en calor], que habría que refrigerarlo o sustituirlo de alguna manera. Para regular el freno, se varía la cantidad de líquido que circula en la cámara toroidal alabeada, y al girar el rodete (arrastrado por el motor a ensayar) se crean torbellinos entre rodete y carcasa que absorben la energía desarrollada por el motor y dan lugar a un par de reacción sobre la carcasa, que al ser oscilante, se transmite su fuerza a la balanza que determina el par.

Los dinamómetros hidráulicos pueden ser de dos tipos:

- De circuito abierto.- El agua que hay entre el rodete y carcasa es renovada constantemente, disipando ella misma el calor desarrollado. La regulación se efectúa sobre el caudal de entrada; como la salida del fluido se hace por gravedad, varía el nivel y por tanto la cantidad de fluido en el interior del dinamómetro. Es indispensable que los flujos de agua de entrada y salida tengan direcciones radiales respecto al eje de giro manteniendo la presión de agua dentro de sus límites, para que el flujo de agua y su variación de presión no produzca un par adicional y distorsione las lecturas del par producido por el MCI.
- De circuito cerrado.- La energía desarrollada es disipada en un intercambiador de calor. La regulación se efectúa actuando sobre dos válvulas de entrada y salida que regulan la cantidad de agua contenida entre rodete y carcasa. Presentan el inconveniente de producir variaciones en la carga si varía el caudal por fluctuaciones de la presión de suministro; para evitar este inconveniente se debe instalar antes del dinamómetro un regulador de presión.

➤ **Dinamómetros de polvo magnético.**

➤ **Dinamómetros oleohidráulicos.**

2.2.2 Definiciones básicas para con el diseño

A. Cargas

Acciones capaces de producir estados tensionales en una estructura.

- i. Puntual o Concentrada.-** Carga que actúa sobre un área muy pequeña o un punto muy concreto de una estructura.
- ii. Estáticas.-** Aplicadas lentamente hasta alcanzar su máxima expresión (según el período de vibración de la estructura), coincidiendo con la deformación máxima de la estructura.
- iii. Dinámicas.-** Varían rápidamente en el tiempo, en estado de movimiento inercial considerable (acompañada de cambios repentinos de intensidad y posición). La estructura desarrolla fuerzas inerciales y su deformación máxima necesariamente no coincide con la intensidad máxima de la fuerza aplicada.
- iv. Viva o Variable.-** Carga externa movable que actúa verticalmente sobre una estructura (carga gravitacional, por tanto no se incluye la carga eólica); incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc.
- v. Muerta o Permanente.-** Carga vertical aplicada sobre una estructura; incluye su propio peso y el de los materiales y/o elementos permanentes como acabados, fachada, techos, etc.

B. Esfuerzo

Razón de dividir la magnitud de la fuerza o la intensidad de las fuerzas distribuidas por unidad de área.

- i. Esfuerzo de tensión (+) - Esfuerzo de compresión (-).**
- ii. Normal (σ)-** En un elemento bajo carga axial.
- iii. Cortante (τ)-** Por fuerzas transversales iguales y opuestas.

iv. De apoyo.- Esfuerzo creado por los pernos y pasadores.

C. Deformación (ϵ)

Cambio en las dimensiones de un miembro estructural cuando se encuentre sometido a cargas externas (esfuerzos de tensión o compresión axial), al cambio térmico, al cambio de humedad, etc.

La deformación unitaria es la relación entre la deformación total y la longitud inicial.

D. Torsión

Cuando el eje longitudinal de un elemento constructivo o prisma mecánico se encuentra sometido a pares de torsión o momentos torsores; producto de la acción de dos fuerzas paralelas (igual magnitud pero con sentidos opuestos) aplicados en el mismo sólido. Por ejemplo: Deformación de los ejes de transmisión, al girar la perilla de un puerta, etc.

E. Columnas

Elemento prismático vertical (miembros largos y esbeltos) que soporta carga axial de compresión.

i. Pandeo.- Fenómeno de inestabilidad elástica, produce gran deflexión lateral o transversal en dirección de la compresión.

ii. Carga crítica o carga de pandeo de Euler.- Máxima carga de compresión axial aplicada, sin producir el pandeo.

iii. Aplicación de la carga de compresión axial:

a. Carga concéntrica.- Aplicada a lo largo del eje centroidal.

b. Carga excéntrica.- La línea de acción de la carga se aplica a cierta distancia paralela al eje centroidal de la columna.

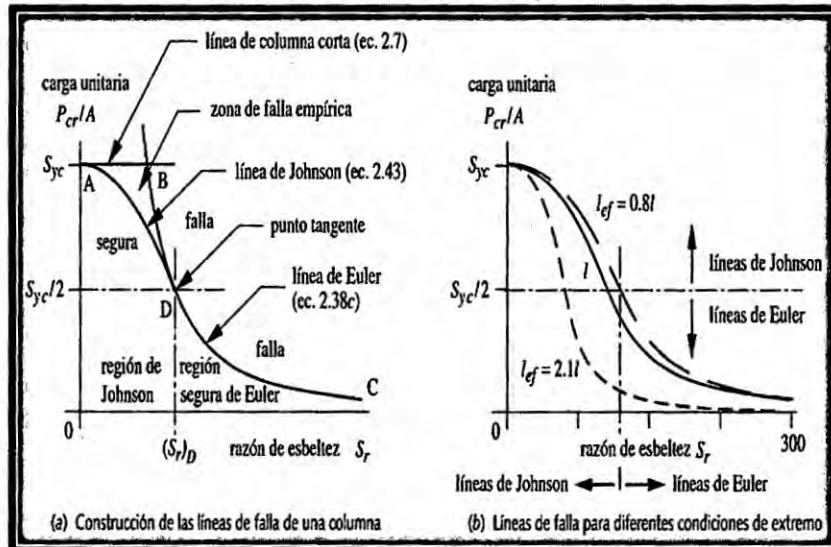
iv. Tipos de columnas:

a. Largas.- Gran relación de esbeltez y pandeo elástico. Euler predice muy bien el comportamiento de la resistencia de estas columnas, en las que el esfuerzo axial de pandeo permanece por abajo del límite proporcional.

b. De longitud Intermedia.- Fallan tanto por fluencia como por pandeo (comportamiento inelástico o elasto-plástico). Para predecir el esfuerzo crítico se recurre a la ec. de J.B. Johnson (ec. experimental compleja), porque Euler no se aproxima al comportamiento de la columna en esta zona.

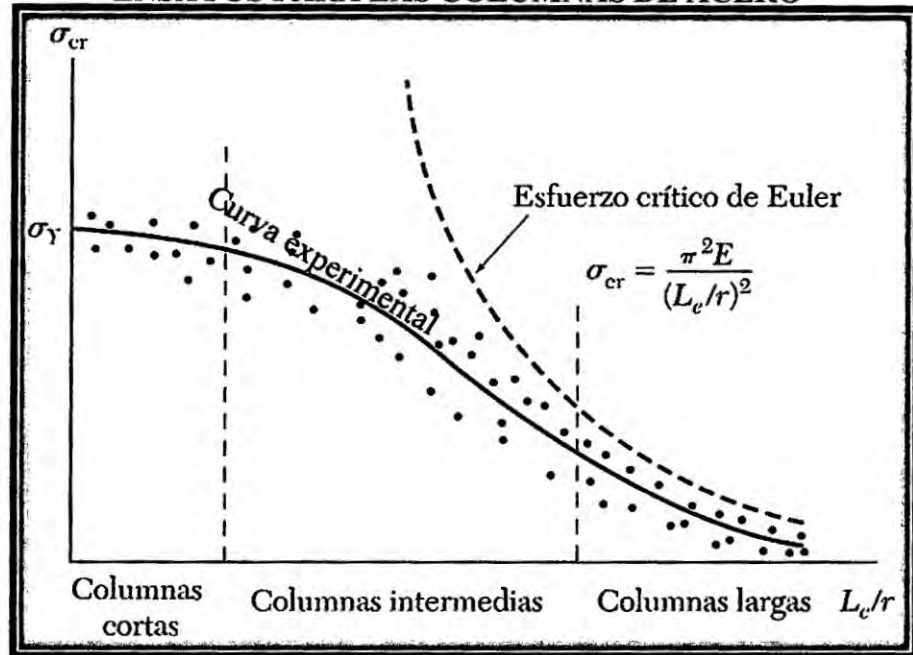
c. Cortas.- Pequeña razón de esbeltez (< 10 aprox.). Esfuerzo de falla igual al esfuerzo de fluencia y no ocurre el pandeo.

**FIGURA N° 2.7
FALLAS EN COLUMNAS DE EULER, JOHNSON Y CORTA**



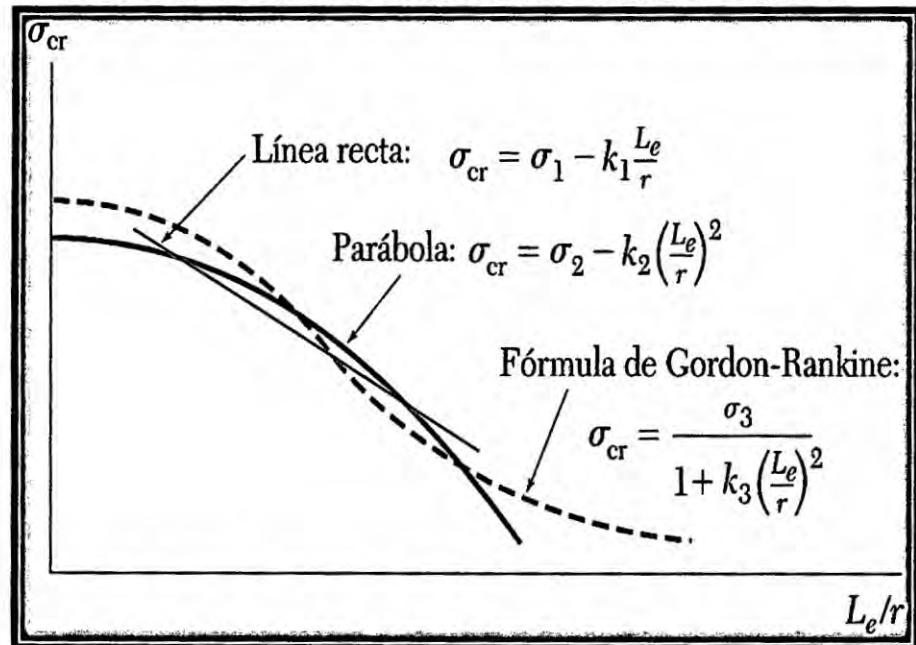
Fuente: NORTON, R. Diseño de máquinas. 4^{ta} ed. fig. 2-42. pág. 127

FIGURA N° 2.8
ENSAYOS PARA LAS COLUMNAS DE ACERO



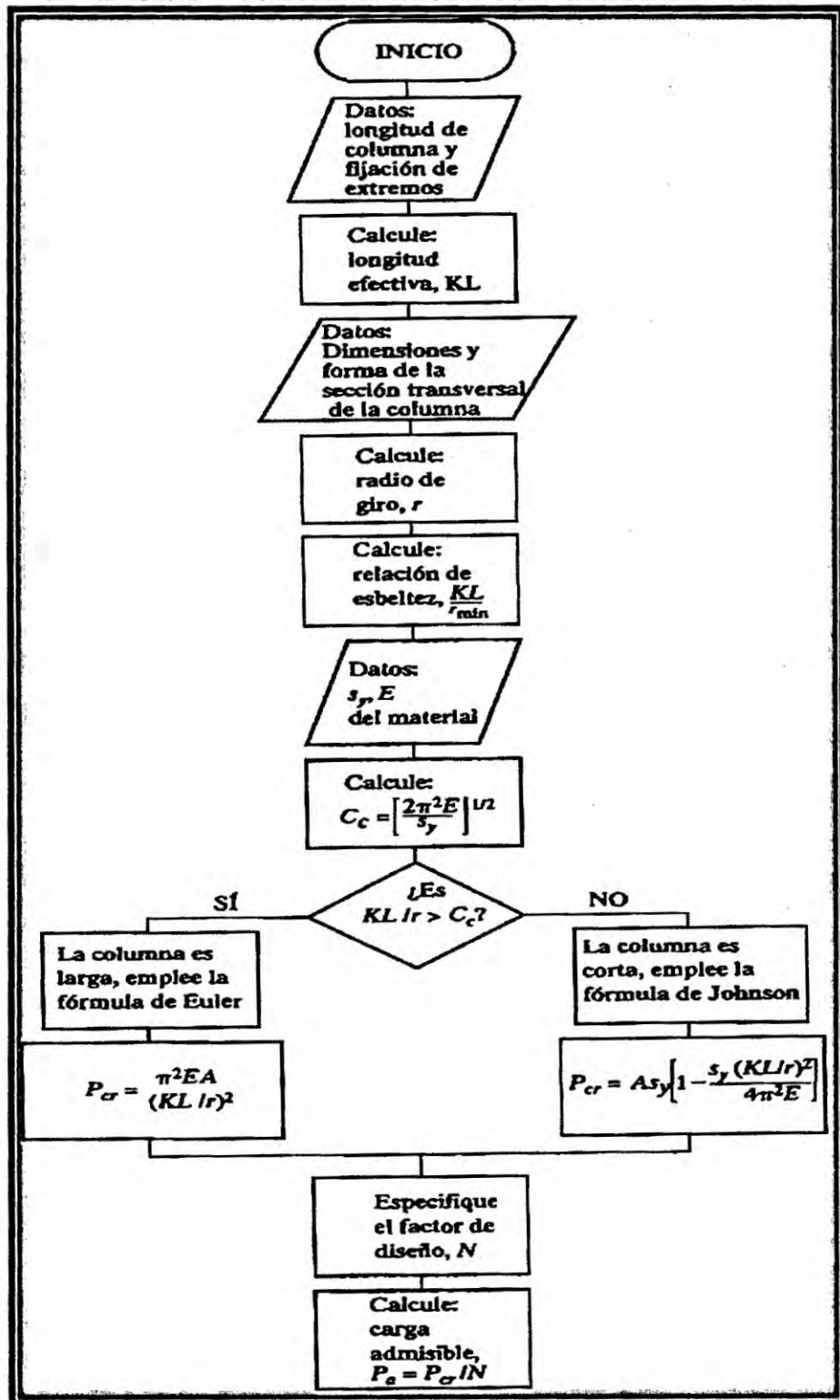
Fuente: BEER & JOHNSTON. *Mecánica de Materiales*. 6^{ta} ed. fig. 10.24. pág. 661

FIGURA N° 2.9
FÓRMULAS EMPÍRICAS PARA ESFUERZO CRÍTICO



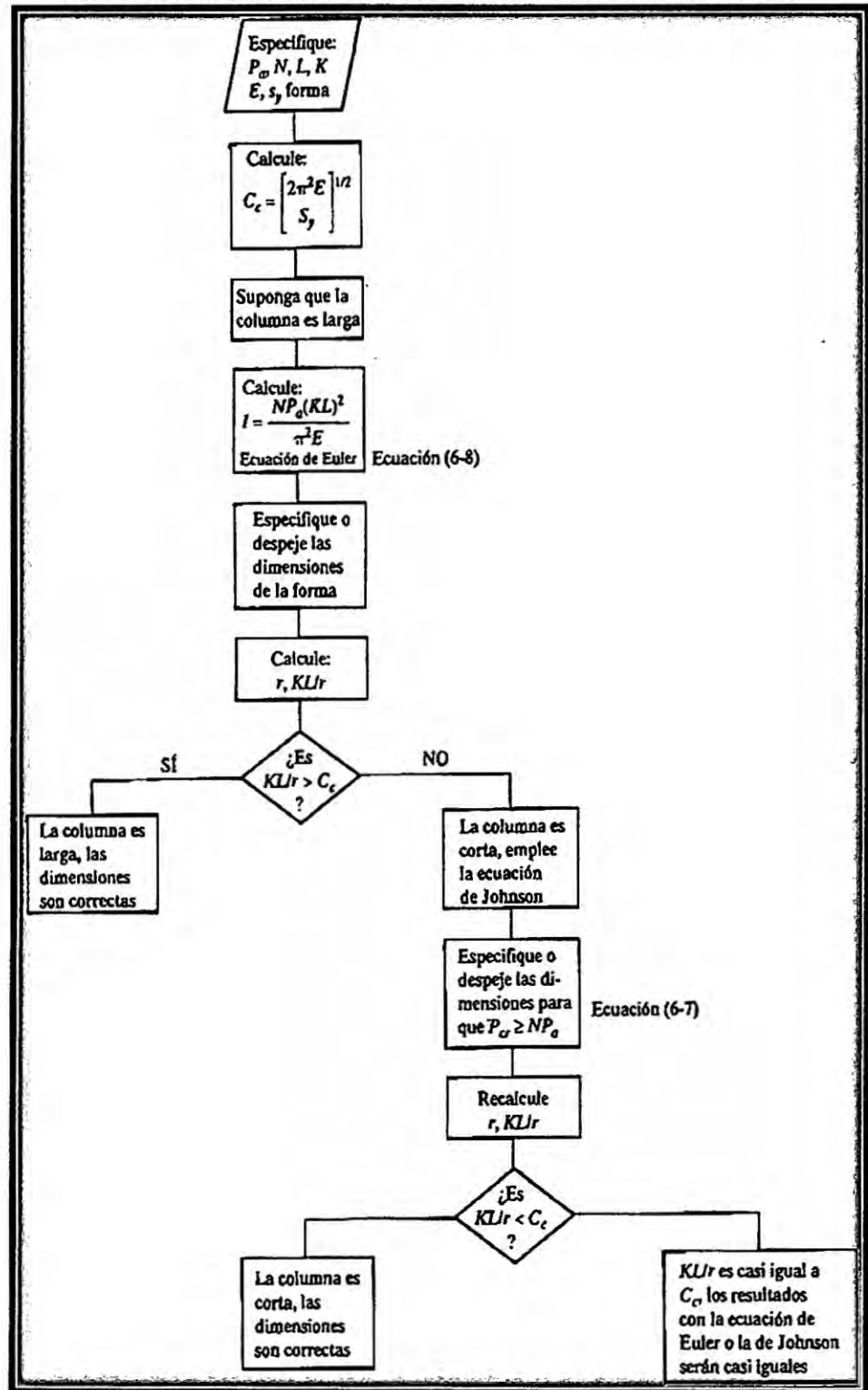
Fuente: BEER & JOHNSTON. *Mecánica de Materiales*. 6^{ta} ed. fig. 10.25. pág. 661

FIGURA N° 2.10
ANÁLISIS DE COLUMNA RECTA CON CARGA CENTRAL



Fuente: MOTT, Robert L. *Diseño de elementos de máquinas*. 4^{ta} ed.
fig. 6-4. pág. 236

FIGURA N° 2.11
DISEÑO DE COLUMNA RECTA CON CARGA CENTRAL



Fuente: *MOTT, Robert L. Diseño de elementos de máquinas. 4ª ed.*
fig. 6-13. pág. 246

v. Tipos de fallas

- a.** Columnas cortas: Por aplastamiento del material.
- b.** Columnas largas: Por pandeo.
- c.** Columnas intermedias: Por combinación de ambas fallas.

F. Vigas

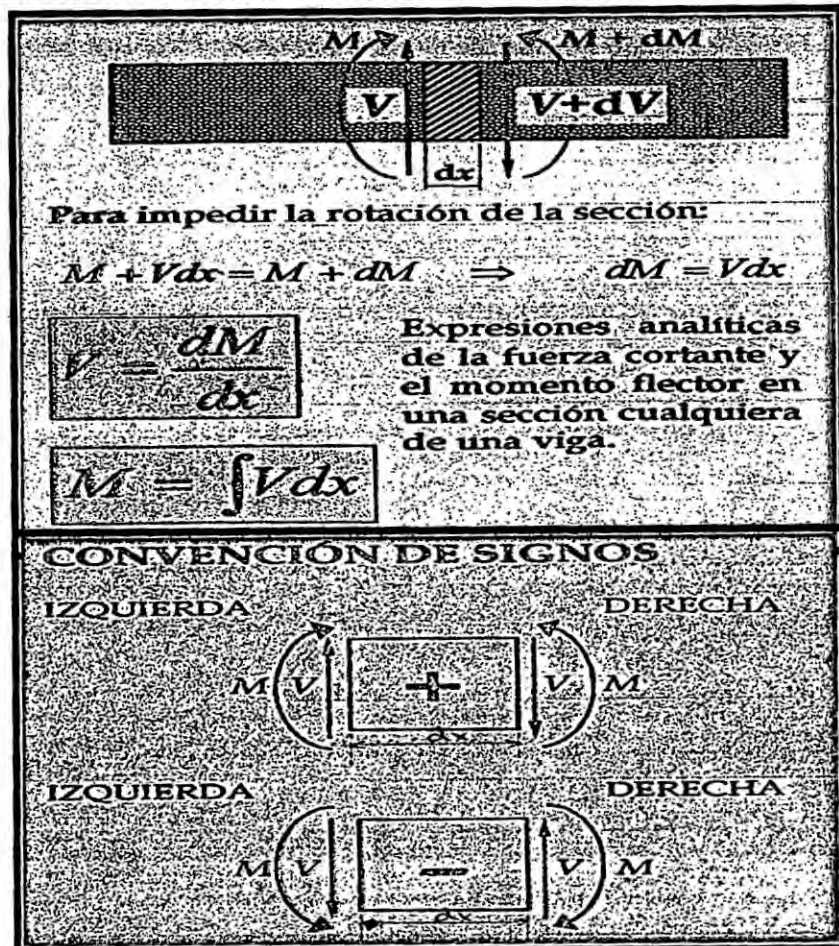
Miembro estructural diseñado para resistir cargas exteriores (transversales) aplicadas perpendicularmente a lo largo de su eje longitudinal (fuerza: produce cizalladura o corte y momento: produce flexión o torsión) y cargas en dirección axial (fuerza axial: produce tracción o compresión).

- i. Flexión.-** Deformación que presenta un elemento estructural alargado en dirección perpendicular a su eje longitudinal; es decir, las fuerzas actuantes tienden a doblarlo o combarlo.
- ii. Deflexión.-** Medida del descenso en cualquier punto de la flexión.
- iii. Fuerza cortante.-** Fuerzas internas que se generan en el material de una viga para garantizar el equilibrio en varios puntos a lo largo de ella, sumando todas las fuerzas externas aplicadas en forma vertical y perpendicular a su eje.
- iv. Diagrama de Fuerza Cortante (DFC).-** Representación gráfica de la variación de la magnitud de la fuerza cortante a lo largo y en cualquier sección de la viga.
- v. Momento Flector.-** Momento interno cuya magnitud es igual a la

sumatoria de todos los momentos producidos por la fuerza resultante de una distribución de tensiones (cargas puntuales o distribuidas, aplicadas perpendicularmente al eje longitudinal de la viga). Estos momentos flexionantes, son los que hacen que la viga asuma su figura característica curvada o “flexionada”.

v. **Diagrama del Momento Flector (DMF).**- Representación gráfica de la variación de la magnitud del momento a lo largo y en cualquier sección de la viga.

FIGURA N° 2.12
RELACIÓN: FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



Fuente: CASADO MÁRQUEZ, J. Martín. *Vigas. Separata de Estática*
- FIME - UNAC. Semestre académico 2008-A

G. Coeficiente o Factor de seguridad (FS).- Razón que existe entre la carga de falla (propiedades de la resistencia del material) y la carga permisible a la que va a ser sometido un elemento (carga de trabajo o carga de diseño).

$$F.S. = \frac{P_{falla}}{P_{admisible}} = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{permisible}} = \frac{\tau_{falla}}{\tau_{adm.}} \dots\dots\dots \text{Ec. (2.1)}$$

Este factor de diseño, es una medida de la seguridad relativa de un componente bajo la acción de una carga; por ello, de acuerdo con las buenas prácticas de la Ingeniería y de la Manufactura; se trabajó con un FS = 3 (Diseño con un alto grado de confianza, para estructuras sometidas bajo cargas estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas y materiales dúctiles con un sobredimensionamiento al 200%); a fin de absorber vibraciones (10%), variaciones que pueden ocurrir en las propiedades de sus materiales, incertidumbre acerca de las cargas y condiciones climáticas a las que pueda estar sometido durante su tiempo de vida útil, tolerancias de fabricación, montaje y mantenimiento, etcétera.

H. Densidad (ρ).- Propiedad física intensiva, indica la cantidad de masa del cuerpo (material) contenida en un volumen definido de ella:

$$\rho = \frac{\text{masa (m)}}{\text{volumen (V)}} \text{ (Kg/m}^3\text{)} \dots\dots\dots \text{Ec. (2.2)}$$

I. Peso específico (γ).- Propiedad física intensiva, mide el peso de una sustancia por unidad de volumen:

$$\gamma = \frac{\text{Peso (W)}}{\text{Volumen}} = \frac{m}{V} * \text{Aceleración de la gravedad (g)} = \rho * g \quad \dots \text{ Ec. (2.3)}$$

↪ *Sistema Internacional de Unidades (S.I.):*

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \gamma: (\text{N/m}^3).$$

↪ *Sistema Técnico de Unidades (S.T.):*

$(\text{Kg}) * 9.81 \text{ m/s}^2 \approx 1 \text{Kgf (Kilogramo - fuerza)} \Rightarrow \text{El valor numérico: Masa} = \text{Peso.} \therefore \text{Numéricamente: } \gamma = \rho.$

J. Gravedad específica (G.E) o Densidad relativa (DR).- Cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad de alguna sustancia estándar bien conocida (sustancia patrón: sólidos y líquidos \approx agua y gases o vapores \approx aire) a temperatura especificada ($4 \text{ }^\circ\text{C}$ y $1 \text{ Atm.} \Rightarrow \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3$). Cantidad adimensional para sustancias sólidas y líquidas, el valor numérico de $D_R = \rho = \gamma$.

K. Recipientes de pared gruesa.- La distribución de esfuerzo en el espesor de las paredes del cilindro no es uniforme. Por ejemplo: los barriles o cañones de las armas de fuego, etc.

L. Recipientes de pared delgada.- La relación entre el espesor de pared es tan pequeña que la distribución de los esfuerzos normales sobre un plano perpendicular a la superficie se puede considerar uniforme en todo su espesor, según teoría membranar del físico Pedro Simón Laplace (1749-1827).

2.3 Normatividad

2.3.1 Código

Documento aprobado por un organismo reconocido que describe las características de un producto, proceso o servicio, incluidas las disposiciones administrativas que sean aplicables y con las que es obligatorio cumplir. El código te dice “lo que debes hacer”⁹.

2.3.2 Norma o Estándar

Documento aprobado por un organismo reconocido que establece para un uso común y repetido, las reglas pautas o características de los productos, procesos o servicios con los que si bien no es obligatorio cumplir, son ampliamente difundidas y aceptadas por lo que se recomienda su uso. La norma te dice “como hacerlo”⁹.

2.3.3 Práctica recomendada

Documento redactado por un organismo reconocido a modo de guía, que reúne una serie de principios, objetivos y procedimientos apropiados o aulas aconsejables que se adecuen a una determinada perspectiva normativa o a un parámetro consensuado y que han demostrado su eficacia y utilidad en un contexto concreto⁹.

2.3.4 Reglamento

Un Reglamento es una Norma Jurídica de carácter general dictada por la Administración Pública y con valor subordinado a la Ley. Es obligatorio su cumplimiento⁹.

⁹ Mascaró La Rosa, César G. *Normativa nacional e internacional para la práctica profesional del ingeniero mecánico*. Segunda edición. 2014.

2.3.5 Normativa aplicada para el diseño, cálculo y selección de los componentes del Banco de pruebas

A. Nacionales:

- i. Decreto Supremo D.S.015-2006-EM (02/03/2006):** Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos y sus modificatorias.
- ii. Decreto Supremo D.S.026-94-EM (10/05/94):** Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos y modificaciones.
- iii. Decretos Supremos D.S.030-1998-EM (03/08/1998) y D.S.045-2001-EM (26/07/2001):** Reglamentos para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos y modificaciones.
- iv. Decreto Supremo D.S.043-2007-EM (22/08/2007):** Reglamento de seguridad para las actividades de hidrocarburos y modificaciones.
- v. Decreto Supremo D.S.052-93-EM (18/11/1993):** Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos y sus modificatorias.
- vi. SNM - INDECOPI:** Servicio Nacional de Metrología - Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
- vii. SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.

B. Internacionales:

- i. AISC:* American institute of steel construction / Instituto americano de construcción de acero. 2ª ed.
 - a. LRFD:* Load and resistance factor design / Diseño de factor de carga y resistencia.
 - Tablas de LRFD Volumen I: Steel construction manual / Manual de construcciones de acero.
 - Specification for structural steel buildings / Especificación para construcciones de acero estructural; del ANSI y el AISC 360.
 - b. ASD:* Allowable strength desing / Diseño por resistencia admisible.
- ii. AISI:* American iron and steel institute / Instituto americano de fierro y acero.
- iii. ANSI:* American national standards institute / Instituto nacional de normas americanas.
 - a. ANSI / ASME B1.1:* Unified inch screw threads (UN and UNR thread form).
 - b. ANSI B16.3:* Malleable iron threaded fittings / Conexiones roscadas de acero forjado.
 - c. ANSI B16.11:* Forged fittings, socket – welding and threaded.
 - d. ANSI B16.5:* Pipe flanges and flanged fittings.
 - e. ANSI B36.10:* Welded and seamless wrought steel pipe.

- iv. API:** American petroleum institute / Instituto americano de petróleo.

 - a. API 610:** Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industriales.
 - b. API 650:** Welded tanks for oil storage / Tanques soldados para almacenamiento de petróleo. Febrero 2012.
- v. ASA:** American society association / Sociedad americana de normas.
- vi. ASME:** American society of mechanical engineers / Sociedad americana de ingenieros mecánicos.

 - a. ASME B1.20.1:** Pipe threads, general purpose (inch) / Rosca para tuberías de uso común (pulgadas).
 - b. ASME B16.34:** Valves-flanged, threaded and welding end.
 - c. ASME B31.3:** Process piping / Tuberías de proceso de refineries y plantas químicas.
 - d. ASME Secc. V – IX:** Ensayos no destructivos (END) / Non destructive testing (NDT): Líquidos Penetrantes (PT).
- vii. ASTM:** American society for testing materials / Sociedad americana para pruebas y materiales. Setiembre 1999.

 - a. ASTM A36:** Standard specification for carbon structural steel / Especificaciones estándar para el acero estructural al carbono.
 - b. ASTM A53:** Standard specification for pipe, steel, black and hot-dipped, zinc-coated, welded and seamless / Especificación

- normalizada para tubos de acero negro e inmersos en caliente, galvanizados, soldados y sin costura.
- c.* **ASTM D86:** Standard test method for distillation of petroleum products / Método de prueba estándar para destilación de productos de petróleo a presión atmosférica.
 - d.* **ASTM D240:** Standard test method for heat of combustion of liquid hydrocarbon fuels by bomb calorimeter / Poder calorífico superior e inferior (Método de la bomba calorimétrica) – Combustible Diésel.
 - e.* **ASTM D287:** Standard test method for API gravity of crude petroleum and petroleum products (Hydrometer method) / Método de Prueba Estándar para Gravedad API de Petróleo Crudo y Productos de Petróleo (Método del Hidrómetro).
 - f.* **ASTM D1298:** Standard practice for density, relative density (specific gravity), or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method / Método de prueba estándar para densidad, densidad relativa (gravedad específica), o gravedad api de petróleo crudo y productos líquidos de petróleo por el método del hidrómetro.
 - g.* **ASTM D1657:** Standard Test Method for Density or Relative Density of Light Hydrocarbons by Pressure Hydrometer.
 - h.* **ASTM D2699:** Standard test method for research octane number of spark-ignition engine fuel / Método de prueba

estándar para número de octano pesquisa en combustible para máquina de ignición por chispa.

i. **ASTM D2700:** Standard test method for motor octane number of spark-ignition engine fuel / Método de prueba estándar para número de octano motor en combustible para máquina de ignición por chispa.

j. **ASTM D4052:** Standard test method for density and relative density of liquids by digital meter / Método de prueba estándar para la densidad y densidad relativa de líquidos mediante medidor digital.

k. **ASTM D4737:** Standard test method for calculated cetane index by four variable equation.

viii. **AWS:** American welding society / Sociedad americana de soldadura.

a. **AWS D1.1/D1.1M-2010:** Structural welding code - steel / Código de soldadura estructural - acero.

➤ Tipo de soldadura: Soldadura por arco.

➤ Proceso de soldadura: Soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW: Flux Cored Arc Welding).

b. **ANSI/AWS A2.4-2012:** Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination / Símbolos estándares para soldadura, soldadura fuerte y examinación no destructiva.

- c. AWS A5.20:** Specification for carbon steel electrodes for flux cored arc welding / Electrodo de acero al carbón para soldadura de arco con electrodo tubular.
- ix. DIN:** Deutsches institut für normung / Instituto alemán de normalización.
- x. ISO:** International organization for standardization / Organización Internacional de Normalización.
- xi. NACE:** National association of corrosion engineers / Asociación nacional de ingenieros de corrosión.
- xii. NFPA:** National fire protection association / Asociación nacional de protección contra el fuego.

 - a. NFPA 30:** Flammable and combustible liquids code / Código de líquidos inflamables y combustibles.
- xiii. SAE:** Society of automotive engineers / Sociedad de ingenieros de automoción.
- xiv. SI:** International system of units / Sistema internacional de unidades.
- xv. SSPC:** Steel structures painting council / Consejo de pintura de estructuras de acero.

 - a. SSPC-SP1:** Solvent cleaning / Limpieza de superficie con solventes.
 - b. SSPC-SP2:** Hand tool cleaning / Limpieza de superficie con herramientas manuales.

- c. SSPC-SP3:** Power tool clean / Limpieza de superficie con herramientas motrices.
 - d. SSPC-SP5 - NACE N° 1:** White metal blast cleaning / Limpieza de superficie con chorro abrasivo seco al grado metal al blanco - Óptimo.
- xvi. UL 142:** Underwriters Laboratories Inc. – Standard for safety steel aboveground tanks for flammable and combustible liquids / Estándar para la seguridad de los tanques de acero sobre superficie para combustibles líquidos e inflamables. 8ª ed. 2002.
- a. Norma UL 142, cap. 39:** Pruebas no destructivas (PND) de hermeticidad: Pruebas neumáticas para tanques horizontales sobre superficie; con una presión de prueba entre 3 PSI (21 Kpa.) y 5 psi (35 Kpa.) por un tiempo no menor de media hora (1/2 h.), con una solución jabonosa u otra solución que sirva para detectar las fugas.

CAPÍTULO III

VARIABLES E HIPÓTESIS

3.1 Variables de la investigación

3.1.1 Variable independiente

Diseño de un Banco de pruebas

3.1.2 Variable dependiente

Examinar parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable.

3.2 Operacionalización de las variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VI Diseño de un Banco de pruebas	Cálculos del diseño estructural de la bancada (bastidor)	<ul style="list-style-type: none"> • Normatividad nacional e internacional vigente. • Estudio técnico de mercado (diseño viable). • Costos y presupuesto (diseño económico). • Selección de materiales, dispositivos y accesorios del mercado nacional. • Ficha de especificaciones técnicas. • Cronograma de ejecución.
	Selección de componentes	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros del MCI de prueba (Potencia, RPM, Flujo de combustible, Sistema Dual). • Freno dinamométrico en función del MCI. • Distribución uniforme de los componentes e instrumentos de medición y control.
VD Examinar parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable	Curvas características fundamentales (externas)	<ul style="list-style-type: none"> • Momento efectivo (Torque al freno, par torsor). • Potencia efectiva (Potencia útil, al eje o al freno). • Eficiencia mecánica. • Presión media efectiva. • Eficiencia térmica efectiva. • Consumo horario (Flujo másico) de combustible. • Consumo específico efectivo de combustible. • Eficiencia o rendimiento volumétrico. • Consumo horario de aire (Flujo másico de aire). • Coeficiente de exceso de aire. • Coeficiente de llenado. • Elaboración de un modelo de guía e informe de experiencia de laboratorio, manual de operaciones y manual de servicios (plan de mantenimiento).
	Accesorios e instrumentos de medición y control	<ul style="list-style-type: none"> • Termómetros. • Manómetros. • Tacómetro. • Vacuómetro.

3.3 Hipótesis de la investigación

3.3.1 Hipótesis general

Si se diseña un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control, entonces se podrá examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.

3.3.2 Hipótesis específicas

- Si tenemos en cuenta los 40 HP de potencia y las revoluciones del eje del cigüeñal del MCI de prueba, entonces se podrá seleccionar el freno dinamométrico hidráulico.
- Si se considera los parámetros de las características técnicas del MCI de prueba y la ubicación geográfica del lugar de operación, entonces se podrá optar por adecuados accesorios e instrumentos de medición y control.
- Si diseñamos la estructura del Banco de Pruebas teniendo en cuenta una distribución uniforme de los pesos y ubicación ergonómica de sus componentes, cumpliendo estrictamente con la normatividad nacional e internacional vigente, entonces se podrá realizar una accesible operación y toma de datos.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo de investigación

En la presente Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sus aspectos metodológicos estarán enmarcados dentro de una investigación de tipo “**Tecnológica**” de nivel “**Aplicada**”, porque aplicaremos el conocimiento científico para el diseño y desarrollo inmediato de una propuesta de modelo operativo viable en aras de solucionar problemas que beneficien a la sociedad¹⁰.

4.2 Diseño de la investigación

Por ser una investigación aplicada, de diseño o de innovación, la presente investigación se basa en un **Diseño de aplicación o Diseño de soluciones** que tiene como propósito transformar los conocimientos o modelos existentes en objetos útiles a la sociedad¹⁰.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los datos serán recolectados mediante la **Técnica documental** a través de la recopilación cuantitativa y cualitativa de diferentes tipos de documentos de empresas e instituciones que registren datos e información estadística de su funcionamiento (libros, revistas, memorias, actas, etc.) utilizando **Instrumentos** como fichas bibliográficas, hemerográficas, videográficas, ciberográficas, fichas de trabajo, registros de sistemas de gestión, etcétera¹⁰.

4.4 Procedimiento de recolección de datos

El proceso que se llevó a cabo para realizar la investigación es el siguiente:

¹⁰ Espinoza Montes, Ciro. *Metodología de investigación tecnológica*. Segunda Edición. 2014.

- i.* Investigación institucional:
 - a.* Se visitó a la PUCP, solicitando el permiso correspondiente, para realizar la investigación en su laboratorio de Energía.
- ii.* Investigación documental:
 - a.* Luego se procedió a visitar las instalaciones de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNI, para revisar la Tesis Profesional de Goñi Delión, Juan Carlos.
 - b.* Así como también se visitó las instalaciones de la Biblioteca especializada de la FIME de la UNAC, para examinar el Informe Profesional de Gutiérrez Hervias, Esteban Antonio.
- iii.* A continuación se procedió al análisis e interpretación de los resultados, con la cual se comprobó las hipótesis de la investigación.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1 Diseño, cálculo y selección de los componentes del Banco

5.1.1 Motor de combustión interna (MCI) de pruebas¹¹

A. Características técnicas del MCI¹² de prueba:

i.	Marca	: Daewoo ¹³ .
ii.	Modelo (Generación)	: Tico (KLY3).
iii.	Motor	: 0.8L (40HP).
iv.	Tiempos del ciclo de trabajo	: 4 Tiempos.
v.	Encendido del combustible	: E.CH. (Por chispa eléctrica).
vi.	Sistema de alimentación	: Carburador.
vii.	Tipo de combustible	: Gasolina A-95.
viii.	Números de cilindros	: 3 cilindros OHC.
ix.	Disposición de los cilindros	: Lineal.
x.	Diámetro de los cilindros	: 68.57 mm.
xi.	Carrera	: 72 mm.
xii.	Orden de encendido	: 1 - 3 - 2.
xiii.	Relación de compresión	: 9:1.
xiv.	Potencia máxima (al freno)	: 40 HP @ 5,000RPM.
xv.	Torque máximo	: 6 Kg*m @ 2,500 RPM.
xvi.	Velocidad de operación	: 750RPM _{Mín} @ 5,500RPM _{Máx} .
xvii.	Velocidad máxima	: 143 Km/h.

¹¹ Se utilizó los recursos propios del IMCI, seleccionando un motor de su taller.

¹² DAEWOO MOTOR - Hoja Técnica del Fabricante: *Manual de Taller Daewoo Tico*.

¹³ Véase el catálogo N° 8.1, del anexo N° VIII, en la pág. 205.

- xviii. Cilindrada : 800 cc.
- xix. Consumo de combustible : 6.9 L / 100 Km.
- xx. Peso : 120 Kg (Peso propio + peso del aceite en el cárter + peso de cilindrada de gasolina).

5.1.2 Freno dinamométrico hidráulico

A. Consideraciones y selección del freno dinamométrico

i. Consideraciones:

- a. Carga pesada y altas velocidades.
- b. Costo reducido.
- c. Armadura pequeña y menos pesada.
- d. Capacidad de absorción.
- e. Potencia máxima : 40 Hp @ 5,000 RPM.
- f. Torque máximo : 6 Kg*m @ 2,500 RPM.

ii. Se seleccionó:

- a. Dinamómetro : Freno Hidráulico.
- b. Marca : Stuska water brake dynamometer.
- c. Modelo : XS-19.
- d. Rango de operación : 200 HP @ 12,000 RPM.
- e. Potencia máxima : 200 HP.
- f. Peso : 150 Kg.

5.1.3 Junta universal (eje cardán)

A. Consideraciones y selección del tipo de acoplamiento

Es difícil obtener una verdadera alineación de los ejes de los árboles conectados entre sí, debido a causas de asentamiento de las

cimentaciones, deformación desigual de los soportes. Un desalineamiento angular entre 3° y 5° prohíbe el uso de acoplamientos rígidos, flexibles metálicos, de engranes, de resorte Schmidt, de fluido, excepto bajos pares muy pequeños de torsión; seleccionándose para dicho fin las Juntas Universales (Junta de Cardán), para grandes pares y ángulos intermedio de intersección entre ejes.

i. Consideraciones:

- a.*** La frecuencia angular NO es igual entre el eje conductor y el conducido.
- b.*** Transmisión que permita la conexión freno motor con una cierta elasticidad y capacidad de absorber desalineaciones
- c.*** Facilidad de instalación y montaje.
- d.*** Fácil mantenimiento, garantizado de este modo un mayor vida útil al conjunto.
- e.*** Adecuada resistencia a las condiciones de trabajo, considerando una potencia máxima de 40HP @ 5,000 RPM y un torque máximo de 6 Kg*m @ 2500 RPM.

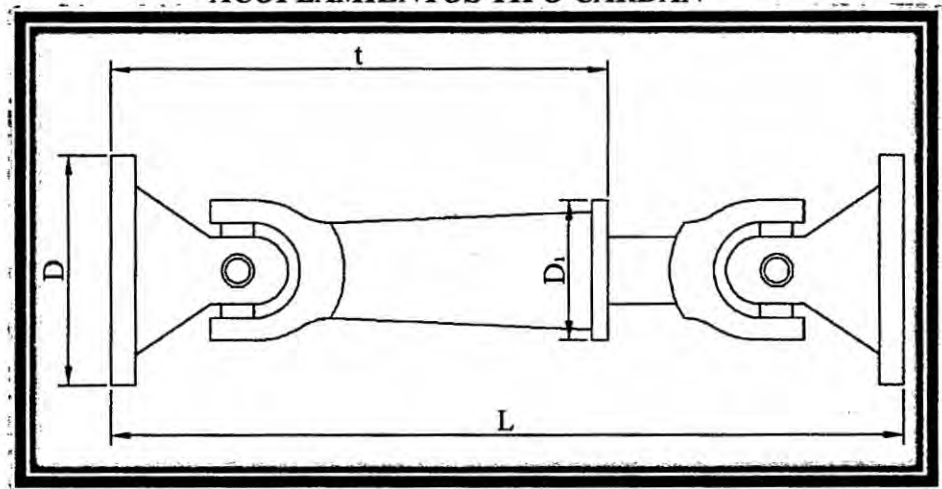
ii. Se seleccionó:

- a.*** De la hoja 264 (Acoplamientos tipo cardán) del libro de Beliáev & otros. "Atlas de máquinas y mecanismos". Edit. CEAC. 8ª ed. 2007; se obtuvo las siguientes características:

- $M_{NO} = 4\text{Kg}\cdot\text{m}$

- $D = 75 \text{ mm}$
- $D_1 = 70 \text{ mm}$
- $D_2 = 73 \text{ mm}$
- $d = 25.4 \text{ mm}$
- $L = 310 \text{ mm}$
- $t = 211 \text{ mm}$

FIGURA N° 5.1
ACOPLAMIENTOS TIPO CARDÁN



Fuente: Propia de los autores

B. Selección de las uniones atornilladas para la brida del acoplamiento tipo cardán

i. Consideraciones:

- a. $\text{Torque}_{\text{máx.}} = 6 \text{ Kg} \cdot \text{m} @ 2500 \text{ RPM.}$
- b. 4 uniones atornilladas (pernos); de la brida de acople con el freno hidráulico y el MCI.

ii. Cálculo de las cargas sobre las uniones atornilladas:

- a. Como la brida de acople, gira alrededor del centro de gravedad (C.G) del grupo de varios pernos iguales:

$$F_{Si} = \frac{T * C_i}{\sum C_j^2} = \frac{58.839N - m \times 0.0362 m}{4 * (0.0362m)^2} = 406.347 N \quad \dots Ec. (5.1)$$

• **Donde:**

♦ F_{Si} = Carga de corte aplicada al perno.

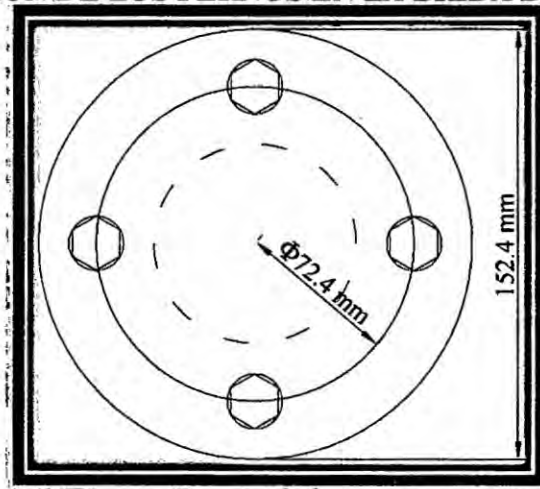
♦ T = Momento torsor actuante.

♦ C_i = Distancia del perno que se desea calcular, al centro de gravedad (C.G) del grupo de los pernos.

♦ $\sum C_j^2$ = Sumatoria de cuadrados, de las distancias de todos los pernos al centro de gravedad (C.G) del grupo de los pernos.

• **Nota:** Como la base es circular, entonces la distancia C_i y C_j , son iguales.

FIGURA N° 5.2
DISTRIBUCIÓN DE LOS PERNOS EN LA BRIDA DE ACOPLER



Fuente: Propia de los autores

b. Considerando que por ajuste inadecuado, el perno tomará con su vástago la carga de corte y simultáneamente la tracción aplicada sobre él. En este caso de acuerdo al criterio de máximo

esfuerzo cortante, resulta la carga de tracción equivalente:

$$F_{te} = \sqrt{F_e^2 + 4 * F_{Si}^2} \quad \dots \text{Ec. (5.2)}$$

• **Donde:**

♦ F_{te} = Tracción equivalente.

♦ F_e = Tracción en el perno.

$$F_e = 2 * F_{Si} = 2 * 406.347 \text{ N} = 812.694 \text{ N} \quad \dots \text{Ec. (5.3)}$$

♦ F_{Si} = Corte en el perno.

iii. Cálculo del área de esfuerzo:

a. Por Seatons & Routhewaite: Para $d_b (\text{Ø}_{\text{Perno}}) < \text{Ø } 44.45 \text{ mm}$

$$A_s = \left[\frac{6 F_e}{S_y} \right]^{\frac{2}{3}} = \left[\frac{6 * \left(\frac{812.694 \text{ N}}{9.81 \text{ m/s}^2} \right) \text{ Kg}}{38.7 \text{ Kg/mm}^2} \right]^{\frac{2}{3}} = 5.483 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{Ec. (5.4)}$$

• **Donde:**

♦ A_s = Área de esfuerzo.

♦ F_e = Tensión aplicada al perno.

♦ S_y = Límite de fluencia del perno¹⁴.

b. Se seleccionó¹⁴:

- Acero SAE 1020 grado "2" (Bajo y medio carbono).
- Rosca gruesa (estándar Americano).
- $\text{Ø}_N = 7/16''$.
- Hilo x pulg = 14 UNC.
- Área de esfuerzo = 68.59 mm².

¹⁴ Véase las Tablas N° 7.21 y 7.22, del anexo N° VII, en las pág. 191 y 192.

$$\therefore A_{S\text{Calculada}} < A_s \Rightarrow 5.483 \text{ mm}^2 < 68.59 \text{ mm}^2 \quad (\checkmark \text{ Ok})$$

iv. Torque de ajuste para pernos no lubricados (seco) y uniones metal a metal:

$$T = X * F_i * \varnothing_N = 0.20 * 82 \text{ Kg} * 0.01 \text{ m} = 0.18 \text{ Kg-m} \quad \dots \text{ Ec. (5.5)}$$

• **Donde:**

- ◆ T = Torque de ajuste.
- ◆ F_i = Ajuste inicial.
- ◆ \varnothing_N = Diámetro nominal del perno.
- ◆ X = Coeficiente que a través de los experimentos ha tomado valores bastante variados, ya que depende de un gama de condiciones como naturaleza de las superficies, tipo de rosca, grado de lubricación, asentamiento de las piezas, etc. Sin embargo, a menos que se conozca un valor más apropiado, puede tomarse *0.10* a *0.15* si se trata de pernos lubricados, y *0.20* para pernos no lubricados

5.1.4 Memoria de cálculo del análisis estructural del bastidor (Tronco de pirámide o pirámide truncada)

También conocido como bancada, cuya función es la de soportar y fijar el MCI debidamente equipado y alineado con el freno.

A. Consideraciones del diseño:

i. Materiales:

- a. Tubo cuadrado de ¼"x3"x3", acero estructural ASTM A36¹⁵.

¹⁵ Véase la tabla N° 7.3, del anexo N° VII, en la pág. 175.

b. Pernos cabeza hexagonal, grado 8, hilo corrido, 10 hilos x pulgada [UNC o NC (Rosca americana unificada paso normal), UNF o NF (Rosca americana unificada paso fino)] o milimétricos (DIN 13); con anillos de presión, arandelas planas y tuercas hexagonales, AISI 316 (acero inoxidable) según ASME / ANSI B1.1 o protegidos contra la corrosión por medio de un baño de zinc o cadmio.

ii. Tratamiento superficial:

a. Preparación de superficie:

- Una vez ensamblado la estructura metálica del Banco será sometido a un proceso de granallado, con el fin de realizar un excelente grado de limpieza y decapado superficial y, un idóneo perfil de anclaje (grado de rugosidad) para garantizar una correcta adherencia de pintura externa; la estructura metálica será sometido a un proceso de granallado según norma SSPC-SP5 (Granallado / Chorreado abrasivo seco al grado Metal al Blanco) / NACE N° 1 (óptimo).
- Se utilizará abrasivo de tamaño adecuado para obtener un perfil de anclaje comprendido entre 1.5 y 2.5 mils de grado de rugosidad (N.R. ASTM D 4417-C).
- La superficie estará libre de defectos de construcción como: Salpicadura de soldadura, porosidad, rebabas, filos cortantes entre otros; eliminados mediante Limpieza Manual Mecánica

y Motriz (según norma SSPC-SP2: Limpieza de superficie con herramientas manuales, SSPC-SP3: Limpieza de superficie con herramientas motrices).

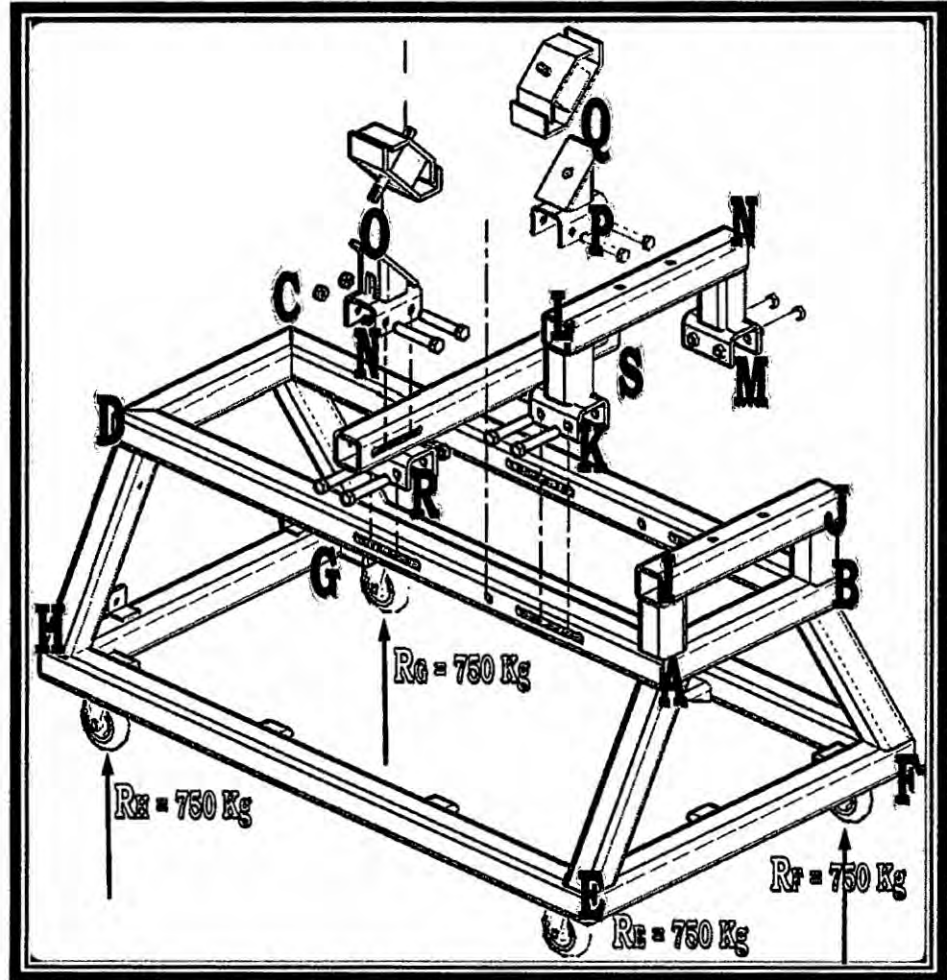
- Se removerá todo resto de Grasa o Combustible impregnado, con Espátula y Trapo antes del lavado (según norma SSPC-SP1: Limpieza de superficie con solventes).

b. Protección anticorrosiva: Aplicación del plan de pintado

- La superficie externa de la estructura metálica será recubierta contra la corrosión, de acuerdo a lo requerido por la práctica recomendada del API RP 1615, sección 3.2.1 apartado c), con un espesor (EPS) de 15 mils:
 - Aplicación de la 1ª capa: Silicato de etilo rico en Zinc Inorgánico => EPS = 4 mils.
 - Aplicación de la 2ª capa: Epóxico poliamida amina => EPS = 8 mils.
 - Aplicación de la 3ª capa: Poliuretano acrílico alifático => EPS = 3 mils.
- Los espesores recomendados se basan de acuerdo a la Norma ISO - 12944 - 5, categoría IM3, con expectativa de durabilidad media (hasta 15 años), lográndose además al momento de la aplicación del sistema una buena humectación y nivelación de película.

B. Desarrollo del diseño:

FIGURA N° 5.3
DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS



Fuente: Propio de los autores

i. Soportes del MCI¹⁶:

a. Datos:

➤ Carga real aplicada: $P_r = W_{MCI} * FS = 120Kg * 3 = 360Kg$.

Como el MCI tiene 2 soportes (columna: "P-Q" ≈ "Ñ-O")

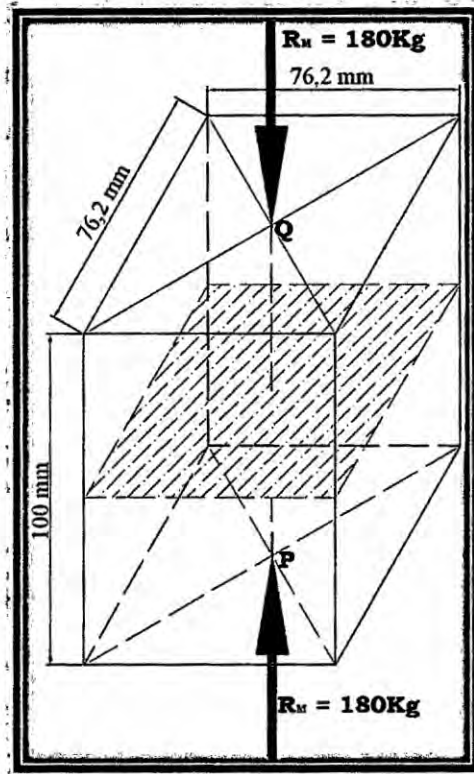
=> La carga puntual de compresión axial en cada soporte será:

$$R_M = \frac{P_r}{2} = \frac{360 \text{ Kg}}{2} = 180Kg.$$

¹⁶ Véase Plano N° PL-BPMCI-04-001, del anexo N° XII, en la pág. 275.

➤ $L_{\text{Columna}} = 10 \text{ cm.}$

FIGURA N° 5.4
SOPORTE VERTICAL DEL MCI



Fuente: Propio de los autores

b. Cálculos:

➤ Se tiene columna articulada en ambos extremos¹⁷:

$$L_e = 1 * L \Rightarrow K = \frac{L_e}{L} = 1$$

• **Donde:**

- ◆ $K =$ Factor de fijación de los extremos (valor teórico).
- ◆ $L_e =$ Longitud efectiva.
- ◆ $L =$ Longitud de la columna.

➤ Mayor razón de esbeltez: $\lambda = \frac{K * L}{r_{\text{mín.}}} = \frac{1 * \left(\frac{10}{2.54}\right) \text{in}}{1.10 \text{ in}} = 3.579$

¹⁷ Véase la tabla N° 7.5 & la tabla N° 7.6, del anexo N° VII, en la pág. 177.

• **Donde:**

➤ r_{min} = Radio de giro mínimo¹⁸.

➤ Coeficiente de esbeltez límite (Relación de esbeltez de transición):

$$Cc = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{2 * 3.1416^2 * 2.039 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2}{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}} = 125.658$$

• **Donde:**

➤ E = Módulo de elasticidad del material de la columna¹⁹.

➤ σ_f = Resistencia a la fluencia o cedencia del material²⁰.

∴ Columnas cortas e intermedias $\Rightarrow K * \frac{L}{r} < Cc$ (Cumple☑)

➤ Carga crítica de pandeo (por J.B. Johnson):

$$P_{cr} = A * \sigma_f * \left(1 - \frac{\lambda^2}{2 * Cc^2}\right)$$

• **Donde:**

➤ A = Área de la sección transversal de la columna²¹.

$$P_{cr} = 16.709 \text{ cm}^2 * 2.549 * 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * \left[1 - \frac{3.579^2}{2 * 125.658^2}\right]$$

$$\Rightarrow P_{cr} = 42,573.965 \text{ Kg.}$$

➤ Esfuerzo crítico: $\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \sigma_f * \left(1 - \frac{\lambda^2}{2 * Cc^2}\right)$

➤ Factor de diseño: $FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{\lambda}{Cc} - \frac{1}{8} * \left(\frac{\lambda}{Cc}\right)^3$:

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{3.579}{125.658} - \frac{1}{8} * \left(\frac{3.579}{125.658}\right)^3 = 1.677 \approx 2$$

¹⁸ Véase la tabla N° 7.3, del anexo N° VII, en la pág. 175.

¹⁹ Véase la tabla N° 7.2, del anexo N° VII, en la pág. 174.

²⁰ Véase la tabla N° 7.1, del anexo N° VII, en la pág. 173.

²¹ Véase la tabla N° 7.3, del anexo N° VII, en la pág. 175.

➤ Esfuerzo permisible: $\sigma_{perm} = \frac{\sigma_{cr}}{FS}$

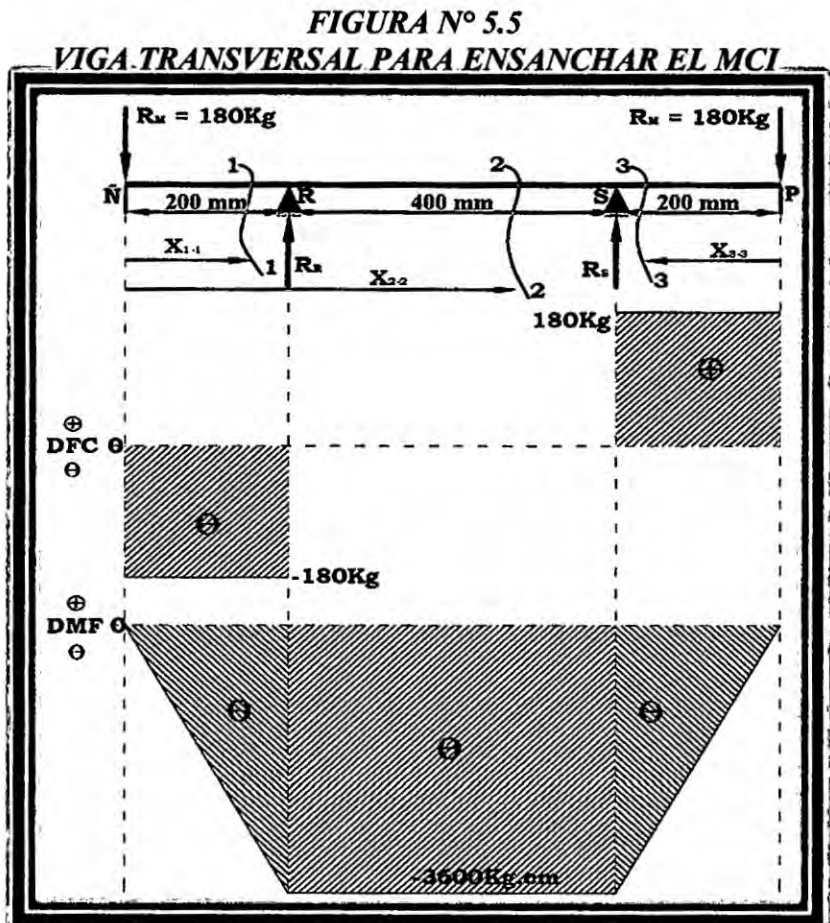
➤ Falla por Pandeo (C. Cortas e Intermedias): $\sigma_{m\acute{a}x} \leq \sigma_{perm}$

➤ Falla por aplastamiento: $\sigma_{m\acute{a}x} \leq \frac{\sigma_{perm}}{\frac{\sigma_f}{FS}}$ (Rango elástico)

$$\Rightarrow P_{adm.} = \frac{P_{cr}}{FS} = \frac{42,573.965 \text{ Kg}}{2} = 21,286.983 \text{ Kg.}$$

∴ Como la carga real aplicada (R_M) < La carga de compresión máxima permisible (P_{adm}) ⇒ “Sistema Estable☑” (Es decir: “ θ : Ángulo finito de deflexión = 0”).

ii. Viga transversal para ensanchar el MCI²²:



²² Véase Plano N° PL-BPMCI-03-001, del anexo N° XII, en la pág. 274.

a. Datos:

► De la “3ª Ley de Newton”, la viga “Ñ-P” soportará las cargas provenientes de los soportes del MCI, es decir 180Kg en cada extremo.

► $L_{\text{viga}} = 80 \text{ cm}$.

b. Cálculos:

► **Cálculo de las reacciones (Condiciones de equilibrio de la 2ª Ley de Newton - Leyes de la Estática):**

• **2º Condición de Equilibrio:** $\sum M_R^F = 0 \text{ (}\oplus \ominus\text{)}$

$$\Rightarrow 180\text{Kg} * 20\text{cm} + (R_S) * 40\text{cm} - 180\text{Kg} * 60\text{cm} = 0$$

$$\therefore R_S = 180\text{Kg} = \text{Cte. (1)}$$

• **1º Condición de Equilibrio:** $\sum F_Y = 0 \text{ (}\oplus \uparrow\text{)}$

$$\Rightarrow -180\text{Kg} + R_R + R_S - 180\text{Kg} = 0$$

$$\therefore R_R = 180\text{Kg} = \text{Cte. (1)}$$

► **Expresiones Analíticas de “V” y “M”:**

• **Sección 1-1: [Izquierda: $0 \text{ cm} \leq X_{1-1} \leq 20 \text{ cm}$]**

$$\Rightarrow V_{1-1}: -180\text{Kg} = \text{Cte.}$$

$$\Rightarrow M_{1-1}: -180\text{Kg} * (X_{1-1})$$

$$\text{Si: } \begin{cases} \diamond X_{1-1} = 0 \text{ cm} \Rightarrow M_{1-1} = -180\text{Kg} * 0\text{cm} \\ \quad \quad \quad \therefore M_{1-1} = 0 \text{ Kg} * \text{cm} = M_{\text{Máx.}} \\ \diamond X_{1-1} = 20\text{cm} \Rightarrow M_{1-1} = -180\text{Kg} * 20\text{cm} \\ \quad \quad \quad \rightsquigarrow M_{1-1} = -3600\text{Kg} * \text{cm} \end{cases}$$

• **Sección 2-2: [Izquierda: $20 \text{ cm} < X_{2-2} \leq 60 \text{ cm}$]**

$$\Rightarrow V_{2-2}: -180\text{Kg} + R_R = 0\text{Kg} = \text{Cte.}$$

$$\Rightarrow M_{2-2}: -180\text{Kg} * (X_{2-2}) + (R_R) * (X_{2-2} - 20\text{cm})$$

$$Si: \begin{cases} \diamond X_{2-2} = 20\text{ cm} \\ \Rightarrow M_{2-2} = -180\text{Kg} * 20\text{cm} + 180\text{Kg} * 0\text{cm} \\ \quad \sim M_{2-2} = -3600\text{ Kg} * \text{cm} \\ \\ \diamond X_{2-2} = 60\text{cm} \\ \Rightarrow M_{2-2} = -180\text{Kg} * 60\text{cm} + 180\text{Kg} * 40\text{cm} \\ \quad \sim M_{2-2} = -3600\text{ Kg} * \text{cm} \end{cases}$$

• **Sección 3-3: [Derecha: 20 cm \geq X₃₋₃ \geq 0 cm]**

$$\Rightarrow V_{3-3}: 180\text{Kg} = 180\text{Kg} = \text{Cte.}$$

$$\Rightarrow M_{3-3}: -(180\text{Kg}) * (X_{3-3})$$

$$Si: \begin{cases} \diamond X_{3-3} = 0\text{ cm} \Rightarrow M_{3-3} = -180\text{Kg} * 0\text{cm} \\ \quad \therefore M_{3-3} = 0\text{ Kg} * \text{cm} = M_{M\acute{a}x.} \\ \\ \diamond X_{3-3} = 20\text{cm} \Rightarrow M_{3-3} = -180\text{Kg} * 20\text{cm} \\ \quad \sim M_{3-3} = -3600\text{ Kg} * \text{cm} \end{cases}$$

$$\blacktriangleright \sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667 \text{ Kg/cm}^2.$$

• **Donde:**

♦ $\sigma_{admisible}$ = Esfuerzo permisible, de diseño o de trabajo.

♦ σ_f = Esfuerzo de fluencia o cedencia del material²³.

♦ FS = Coef. o Factor de seguridad / Factor de diseño.

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{M\acute{a}x.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{3600\text{Kg*cm}}{849.667\text{Kg/cm}^2} = 4.237\text{cm}^3 \approx 0.259\text{in}^3.$$

• **Donde:**

♦ $S_{req.}$ = Momento estático de sección media requerido.

♦ $|M|_{M\acute{a}x.}$ = Módulo del momento máximo.

²³ Véase la tabla N° 7.1, del anexo N° VII, en la pág. 173.

iii. Vigas transversales de rodamientos del Freno Hidráulico²⁴:

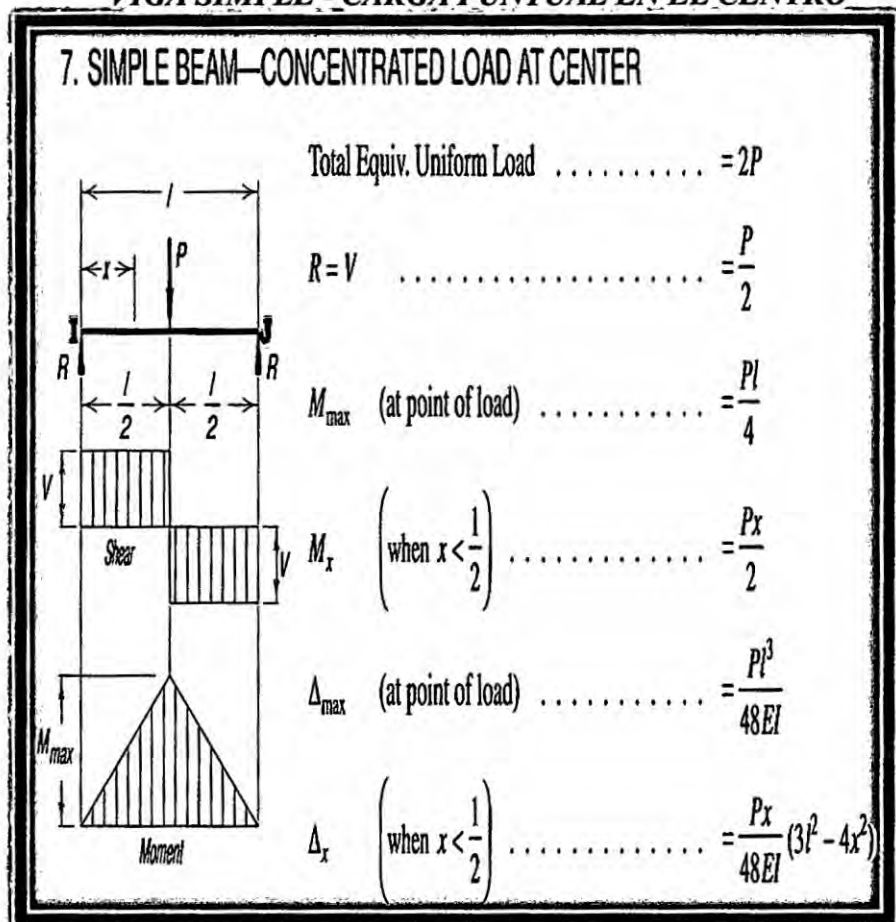
a. Datos:

➤ $Pr = W_{\text{Freno}} * FS = 80\text{Kg} * 3 = 240\text{Kg}$. Como el dinamómetro tiene 2 rodamientos de apoyo en la parte central de cada soporte (viga transversal: "I-J" \approx "L-N") => La carga puntual que actuará será: $P = \frac{Pr}{2} = \frac{240\text{Kg}}{2} = 120\text{Kg}$.

➤ $L_{\text{viga}} = 55.24\text{ cm}$.

b. Cálculos:

FIGURA N° 5.6
VIGA SIMPLE - CARGA PUNTUAL EN EL CENTRO



Fuente: AISC. Método LRFD. 2^{da} ed. pág. 4-192

²⁴ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-004/05-001, del anexo N° XII, en las pág. 272 y 276.

➤ Cálculo de las reacciones:

$$\therefore R_1 = R_J = R = V = \frac{P}{2} = \frac{120\text{Kg}}{2} = 60 \text{ Kg} = \text{Cte. } (\oplus)$$

➤ Cálculo del Momento máximo:

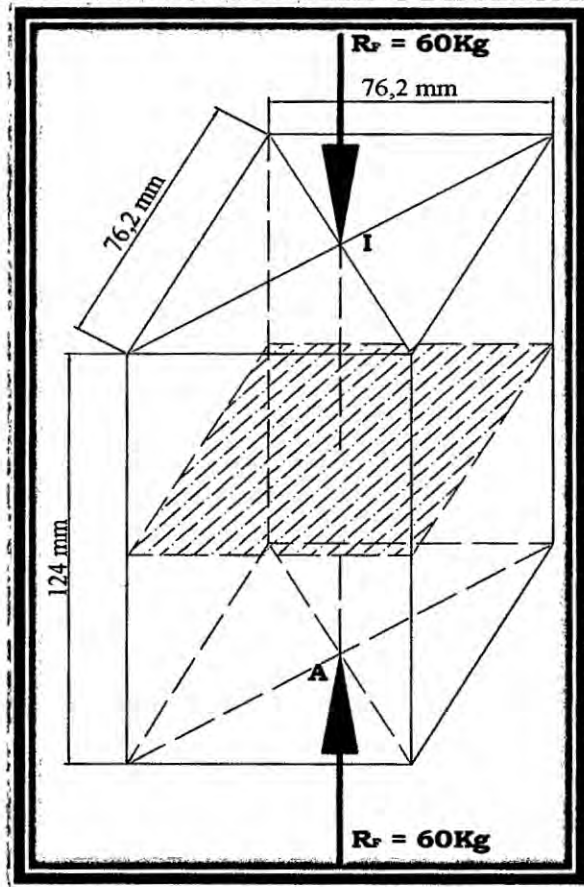
$$\therefore M_{M\acute{a}x.} = \frac{P * L}{4} = \frac{120\text{Kg} * 55.24\text{cm}}{4} = 1,657.2\text{Kg*cm}$$

$$\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667\text{Kg/cm}^2.$$

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{M\acute{a}x.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{1,657.2\text{Kg*cm}}{849.667\text{Kg/cm}^2} = 1.95\text{cm}^3 \approx 0.119\text{in}^3.$$

iv. Soportes (columnas) de la viga del freno dinamométrico²⁵:

FIGURA N° 5.7
SOPORTE DE LA VIGA DEL FRENO DINAMOMÉTRICO



Fuente: Propio de los autores

²⁵ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-004/05-001, del anexo N° XII, en la pág. 272 y 276.

a. Datos:

➤ De la "3ª Ley de Newton", la columna "A-I" ≈ "B-J" ≈ "K-L" ≈ "M-N" soportará la carga proveniente de los extremos de la viga Donde se apoyan los rodamientos del freno hidráulico; es decir, la carga puntual de compresión axial en cada soporte será: $R_F = 60 \text{ Kg}$.

➤ $L_{\text{Columna}} = 12.4 \text{ cm}$.

b. Cálculos:

➤ Se tiene columna empotrada en ambos extremos²⁶:

$$L_e = 0.65 * L \Rightarrow K = \frac{L_e}{L} = 0.65$$

➤ Razón de esbeltez: $\lambda = \frac{K * L}{r_{\text{mín.}}} = \frac{0.65 * \left(\frac{12.4}{2.54}\right) \text{ in}}{1.10 \text{ in}} = 2.885$

$$\text{➤ } Cc = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{2 * 3.1416^2 * 2.039 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2}{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}} = 125.658$$

∴ Columnas cortas e intermedias $\Rightarrow K * \frac{L}{r} < Cc$ (Cumple☑)

➤ Luego, por J.B. Johnson: $P_{cr} = A * \sigma_f * \left(1 - \frac{\lambda^2}{2 * Cc^2}\right)$

$$P_{cr} = 16.709 \text{ cm}^2 * 2.549 * 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * \left[1 - \frac{2.885^2}{2 * 125.658^2}\right]$$

$$\Rightarrow P_{cr} = 42,580.016 \text{ Kg.}$$

➤ Factor de diseño: $FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{\lambda}{Cc} - \frac{1}{8} * \left(\frac{\lambda}{Cc}\right)^3$:

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{2.885}{125.658} - \frac{1}{8} * \left(\frac{2.885}{125.658}\right)^3 = 1.675 \approx 2.$$

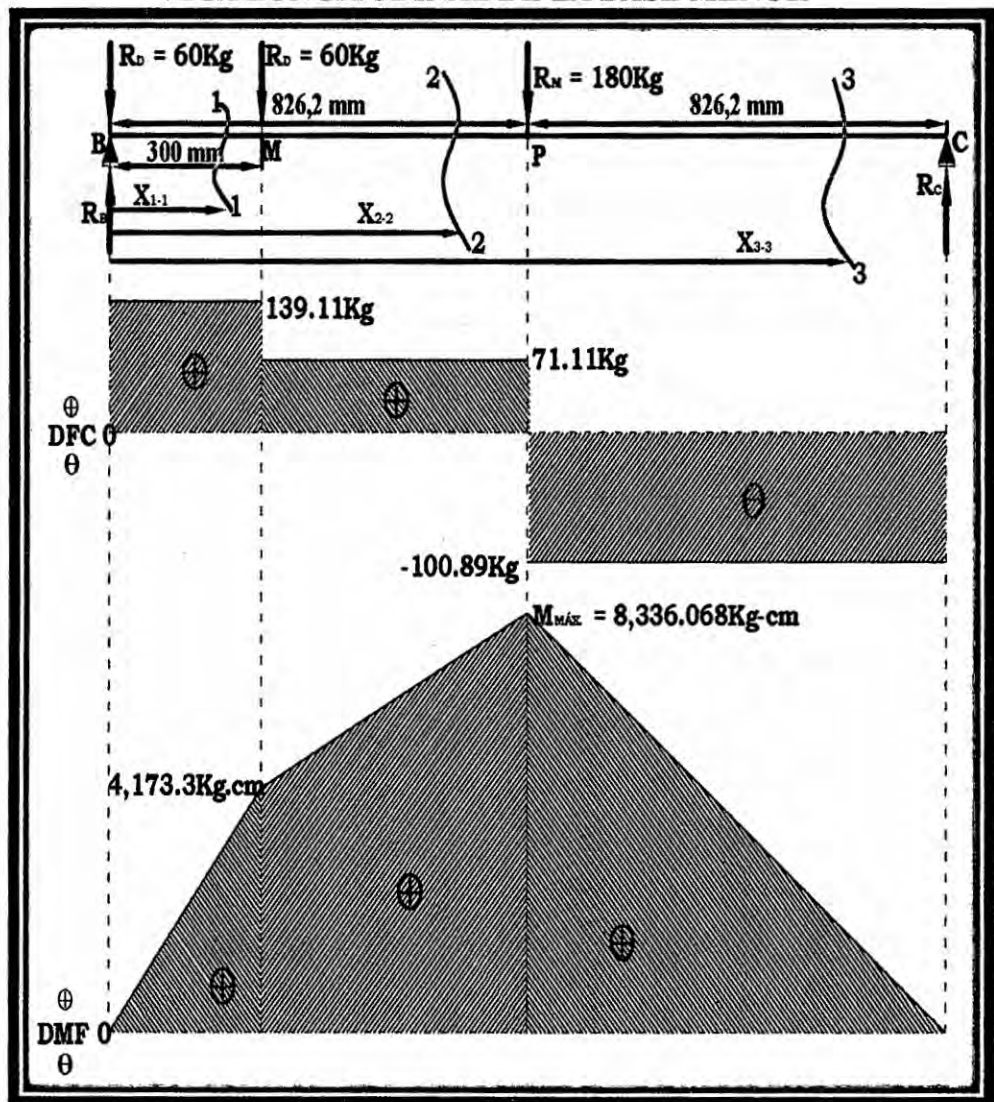
²⁶ Véase la tabla N° 7.5 & la tabla N° 7.6, del anexo N° VII, en la pág. 177.

$$\Rightarrow P_{adm.} = \frac{P_{cr}}{FS} = \frac{42,580.016 \text{ Kg}}{2} = 21,290.008 \text{ Kg.}$$

∴ Como la carga real aplicada (R_F) < La carga de compresión máxima permisible (P_{adm}) ⇒ “Sistema Estable☑” (Es decir: “ θ : Ángulo finito de deflexión = 0”).

v. Vigas longitudinales de la Base menor o superior²⁷:

FIGURA N° 5.8
VIGA LONGITUDINAL DE LA BASE MENOR



Fuente: Propio de los autores

²⁷ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-004, del anexo N° XII, en la pág. 272.

a. Datos:

➤ De la “3ª Ley de Newton”, la viga “B-C” ≈ “D-A” soportará las cargas provenientes de los soportes del MCI, es decir 180Kg en la parte media de cada viga; y 60 Kg por cada soporte del freno hidráulico.

➤ $L_{\text{viga}} = 165.24 \text{ cm}$.

b. Cálculos:

➤ **Cálculo de las reacciones (Condiciones de equilibrio de la 2ª Ley de Newton - Leyes de la Estática):**

• **2º Condición de Equilibrio:** $\sum M_B^F = 0$ ($\oplus \ominus$)

$$\Rightarrow R_C * 165.24 \text{ cm} - 180 \text{ Kg} * 82.62 \text{ cm} - 60 \text{ Kg} * 30 \text{ cm} = 0$$

$$\therefore R_C = 100.89 \text{ Kg} = \text{Cte. (1)}$$

• **1º Condición de Equilibrio:** $\sum F_Y = 0$ ($\oplus \uparrow$)

$$\Rightarrow R_B - 60 \text{ Kg} - 60 \text{ Kg} - 180 \text{ Kg} + R_C = 0$$

$$\therefore R_B = 199.11 \text{ Kg} = \text{Cte. (1)}$$

➤ **Expresiones Analíticas de “V” y “M”:**

• **Sección 1-1: [Izquierda: $0 \text{ cm} \leq X_{1-1} \leq 30 \text{ cm}$]**

$$\Rightarrow V_{1-1}: R_B - 60 \text{ Kg} = 139.11 \text{ Kg} = \text{Cte.}$$

$$\Rightarrow M_{1-1}: (R_B) * (X_{1-1}) - (60 \text{ Kg}) * (X_{1-1})$$

$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l} \diamond X_{1-1} = 0 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{1-1} = 199.11 \text{ Kg} * 0 \text{ cm} - 60 \text{ Kg} * 0 \text{ cm} \\ \quad \sim M_{1-1} = 0 \text{ Kg} * \text{ cm} \\ \\ \diamond X_{1-1} = 30 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{1-1} = 199.11 \text{ Kg} * 30 \text{ cm} - 60 \text{ Kg} * 30 \text{ cm} \\ \quad \sim M_{1-1} = 4,173.3 \text{ Kg} * \text{ cm} \end{array} \right.$$

• **Sección 2-2: [Izquierda: 30 cm < X₂₋₂ ≤ 82.62 cm]**

$$\Rightarrow V_{2-2}: R_B - 60\text{Kg} - 60\text{Kg} = 79.11\text{Kg} = \text{Cte.}$$

$$\Rightarrow M_{2-2}: (R_B) \cdot (X_{2-2}) - 60\text{Kg} \cdot (X_{2-2}) - 60\text{Kg} \cdot (X_{2-2} - 30\text{cm})$$

$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l} \diamond X_{2-2} = 30 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{2-2} = 199.11\text{Kg} \cdot 30\text{cm} - 60\text{Kg} \cdot 30\text{cm} \\ \quad \quad \quad - 60\text{Kg} \cdot 0\text{cm} \\ \quad \quad \quad \sim M_{2-2} = 4,173.3\text{Kg} \cdot \text{cm} \\ \\ \diamond X_{2-2} = 82.62 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{2-2} = 199.11\text{Kg} \cdot 82.62\text{cm} - 60\text{Kg} \cdot 82.62\text{cm} \\ \quad \quad \quad - 60\text{Kg} \cdot 52.62\text{cm} \\ \quad \quad \quad \therefore M_{2-2} = 8,336.068\text{Kg} \cdot \text{cm} = M_{M\acute{a}x.} \end{array} \right.$$

• **Sección 3-3: [Izquierda: 82.62cm < X₃₋₃ ≤ 165.24cm]**

$$\Rightarrow V_{3-3}: R_B - 60\text{Kg} - 60\text{Kg} - 180\text{Kg} = -100.89\text{Kg.}$$

$$\Rightarrow M_{3-3}: (R_B) \cdot (X_{3-3}) - (60\text{Kg}) \cdot (X_{3-3}) - (60\text{Kg}) \cdot (X_{3-3} - 30\text{cm}) - (180\text{Kg}) \cdot (X_{3-3} - 82.62\text{cm})$$

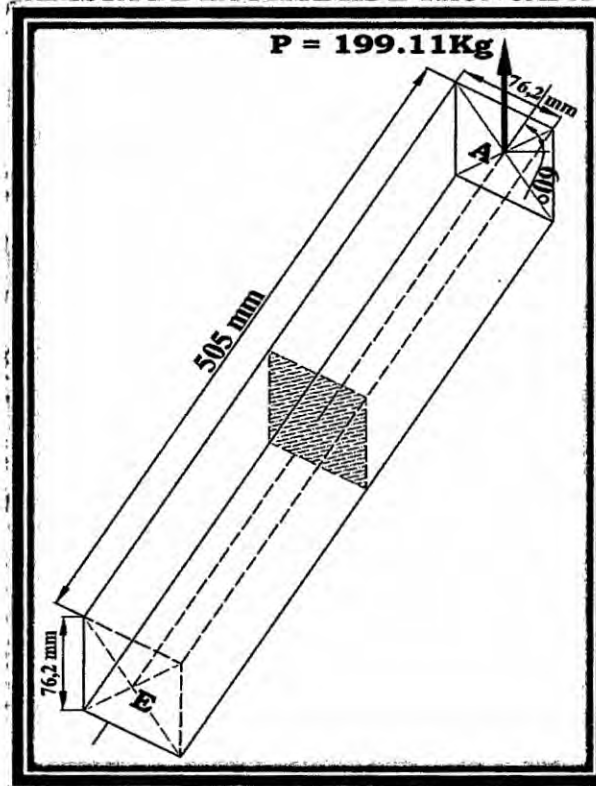
$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l} \diamond X_{3-3} = 82.62 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{3-3} = 199.11\text{Kg} \cdot 82.62\text{cm} - 60\text{Kg} \cdot 82.62\text{cm} \\ \quad \quad \quad - 60\text{Kg} \cdot 52.62\text{cm} - 180\text{Kg} \cdot 0\text{cm} \\ \quad \quad \quad \therefore M_{3-3} = 8,336.068\text{Kg} \cdot \text{cm} = M_{M\acute{a}x.} \\ \\ \diamond X_{3-3} = 165.24\text{cm} \\ \Rightarrow M_{3-3} = 199.11\text{Kg} \cdot 165.24\text{cm} - 60\text{Kg} \cdot 165.24\text{cm} \\ \quad \quad \quad - 60\text{Kg} \cdot 135.24\text{cm} - 180\text{Kg} \cdot 82.62\text{cm} \\ \quad \quad \quad \sim M_{3-3} = 0\text{Kg} \cdot \text{cm} \end{array} \right.$$

$$\blacktriangleright \sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 \cdot 10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{M\acute{a}x.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{8,336.068\text{Kg} \cdot \text{cm}}{849.667\text{Kg/cm}^2} = 9.811\text{cm}^3 \approx 0.598\text{in}^3$$

ví. Aristas de la pirámide truncada²⁸:

FIGURA N° 5.9
ARISTA DE LA PIRÁMIDE TRUNCADA



Fuente: Propio de los autores

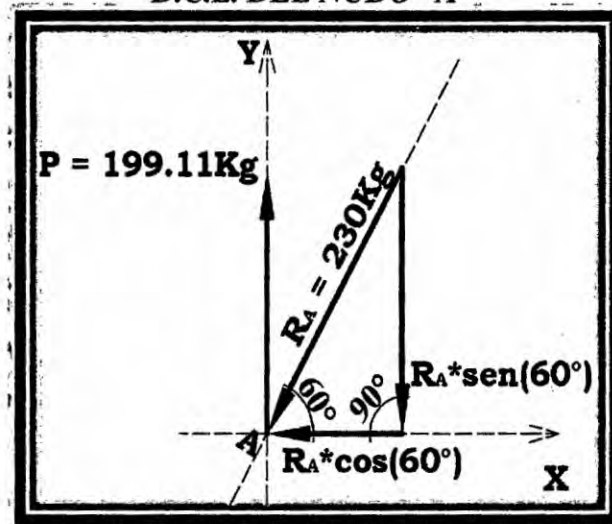
a. Datos:

- ▶ De la "3ª Ley de Newton", la columna "A-E" \approx "B-F" \approx "C-G" \approx "D-H" soportará la carga proveniente de los extremos de la base superior.
- ▶ Mediante el método de los Nudos (Métodos de cálculos de armaduras), se descompuso la resultante en dirección tal que su sentido coincida con la línea de acción del eje axial de la arista "A-E". Entonces, la carga puntual de compresión axial en cada columna (arista) será:

²⁸ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-005, del anexo N° XII, en la pág. 273.

~ Del D.C.L. del Nudo "A": $\Sigma F_Y = 0 (\oplus \uparrow)$

FIGURA N° 5.10
D.C.L. DEL NUDO "A"



Fuente: Propio de los autores

$$\Rightarrow P - R_A \cdot \text{sen}(60^\circ) = 0 \sim R_A = \frac{199.11 \text{ Kg}}{\text{sen}(60^\circ)} = 230 \text{ Kg.}$$

► $L_{\text{Columna}} = 50.5 \text{ cm.}$

b. Cálculos:

► Se tiene columna empotrada en ambos extremos²⁹:

$$L_e = 0.65 \cdot L \Rightarrow K = \frac{L_e}{L} = 0.65$$

► Razón de esbeltez: $\lambda = \frac{K \cdot L}{r_{\text{min.}}} = \frac{0.65 \cdot \left(\frac{50.5}{2.54}\right) \text{ in}}{1.10 \text{ in}} = 11.748.$

► $C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.1416^2 \cdot 2.039 \cdot 10^6 \text{ Kg/cm}^2}{2.549 \cdot 10^3 \text{ Kg/cm}^2}} = 125.658.$

∴ Columnas cortas e intermedias $\Rightarrow K \cdot \frac{L}{r} < C_c$ (Cumple \square).

► Luego, por J.B. Johnson: $P_{cr} = A \cdot \sigma_f \cdot \left(1 - \frac{\lambda^2}{2 \cdot C_c^2}\right)$

$$P_{cr} = 16.709 \text{ cm}^2 \cdot 2.549 \cdot 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \cdot \left[1 - \frac{11.748^2}{2 \cdot 125.658^2}\right]$$

$\Rightarrow P_{cr} = 42,405.102 \text{ Kg.}$

²⁹ Véase la tabla N° 7.5 & la tabla N° 7.6, del anexo N° VII, en la pág. 177.

➤ Factor de diseño: $FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{\lambda}{Cc} - \frac{1}{8} * \left(\frac{\lambda}{Cc}\right)^3$:

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} * \frac{11.748}{125.658} - \frac{1}{8} * \left(\frac{11.748}{125.658}\right)^3 = 1.7 \approx 2$$

$$\Rightarrow P_{adm.} = \frac{P_{cr}}{FS} = \frac{42,405.102 \text{ Kg}}{2} = 21,202.551 \text{ Kg.}$$

∴ Como la carga real aplicada (R_A) < La carga de compresión máxima permisible (P_{adm}) => “Sistema Estable☑” (Es decir: “ θ : Ángulo finito de deflexión = 0”).

vii. Vigas longitudinales de la Base mayor o inferior³⁰:

a. Datos:

➤ Para ello se calculó la sumatoria de los pesos de todos los componentes que va a soportar la estructura del bastidor del Banco (Tronco de pirámide o pirámide truncada):

- $W_{MCI} = 120 \text{ Kg.}$
- $W_{Freno} = 80 \text{ Kg.}$
- $W_{Junta_Cardánica} = 8 \text{ Kg.}$
- $W_{TK-GLP} = 50 \text{ Kg.}$
- $W_{TK-Gasolina} = 110 \text{ Kg.}$
- $W_{Batería} = 12 \text{ Kg}$ (Hoja Técnica del fabricante).
- $W_{ICC} = 100 \text{ Kg.}$
- $W_{Pl-Base} = 42 \text{ Kg.}$
- $W_{Panel_Control} = 100 \text{ Kg.}$
- $W_{Bastidor} = \Sigma W_{Tubo (\#)} = 188.294 \text{ Kg.}$

³⁰ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-003, del anexo N° XII, en la pág. 271.

- $W_{\text{Accesorios}} = 5\text{Kg.}$
- $W_{\text{Pernos}} = 5\text{Kg.}$
- $W_{\text{Soldadura}} = 5\text{Kg.}$

$$\Rightarrow W_{\text{Banco_Pruebas}} = \Sigma W_{\text{Componentes}} = (120\text{Kg} + 80\text{Kg} + 8\text{Kg} + 50\text{Kg} + 110\text{Kg} + 12\text{Kg} + 100\text{Kg} + 42\text{Kg} + 100\text{Kg} + 188.294\text{Kg} + 5\text{Kg} + 5\text{Kg} + 5\text{Kg}) = 825.294 \text{ Kg.}$$

Pero de acuerdo a las buenas prácticas de la ingeniería y de la manufactura, se asumió: $W_{\text{Banco_Pruebas}} \approx 1,000 \text{ Kg.}$

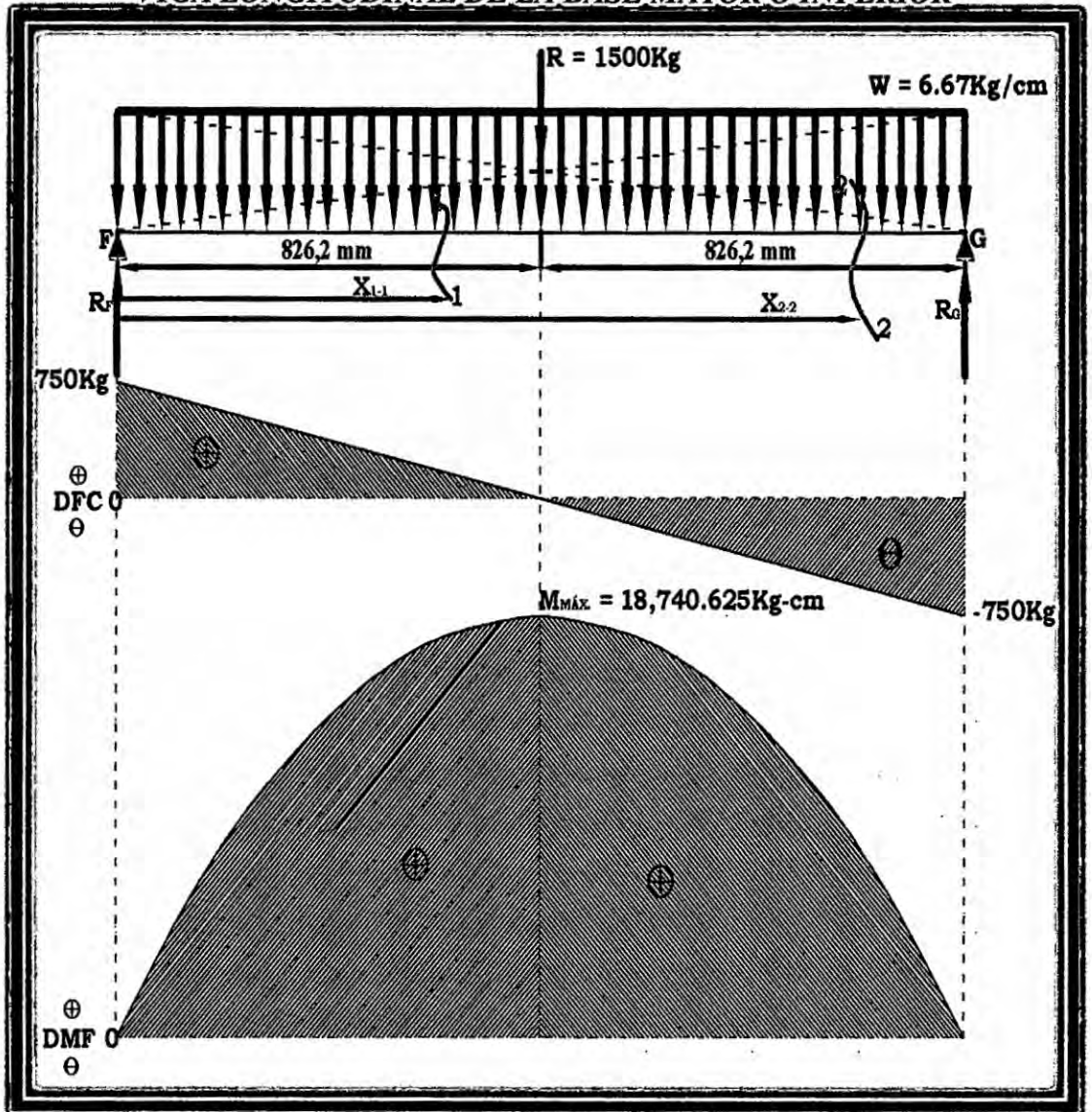
$$\therefore W_{\text{B.P}} = 1,000\text{Kg} * \text{FS} = 1,000\text{Kg} * 3 = 3,000\text{Kg}$$

► Como la estructura metálica del Bastidor tiene 4 puntos de apoyo ["E-F-G-H" (ruedas o garruchas)] \Rightarrow De la 2ª y 3ª Ley de Newton, la carga puntual actuará simétricamente en cada punto de apoyo: $P = \frac{W_{\text{B.P}}}{4} = \frac{3,000 \text{ Kg}}{4} = 750\text{Kg.}$

► El análisis de la capacidad de resistencia de la viga ante la acción de la fuerza cortante y/o momento flector, son las "más críticas" que la fuerza axial; por ello, por lo general esta "puede" despreciarse durante el diseño de la Viga; en nuestro caso, porque por simetría la línea de acción del eje neutro pasa por el centroide de la sección transversal del tubo cuadrado, el cual coincide con su centro de gravedad.

► $L_{\text{Viga}} = 165.24 \text{ cm}$ ("F-G" \approx "H-E")

FIGURA N° 5.11
VIGA LONGITUDINAL DE LA BASE MAYOR O INFERIOR



Fuente: Propio de los autores

b. Cálculos:

➤ Diseño de miembros sometidos a tensión (LRFD)³¹. => Para el estado límite de fluencia en la sección bruta (con la idea de prevenir un alargamiento excesivo del miembro):

- $\phi_t P_n = \phi_t * F_y * A_g$

³¹ AISC. Método LRFD. Capítulo D. Ecuación D1-1. 2^{da} ed. pág. 6-44.

♦ Donde:

✓ $\phi_t P_n$ = Resistencia de diseño a la tracción o tensión.

✓ ϕ_t = Factor de resistencia para la tensión (tracción).

✓ F_y = Esfuerzo mínimo de fluencia.

✓ A_g = Área bruta del miembro.

$$\Rightarrow \phi_t P_n = 0.90 * 36^{KLb/in^2} * 2.59in^2 = 38,063.657Kg.$$

➤ Por otro lado, del D.C.L. del Nudo "A" (método de los

Nudos en la Arista "A-E"): $\Sigma F_x = 0$ ($\oplus \rightarrow$)

$$\Rightarrow T - 230Kg * \cos(60^\circ) = 0 \sim T = 115Kg$$

\therefore Como $\phi_t P_n > T \Rightarrow$ Fluencia (fractura) controlada

➤ Cálculo de las reacciones (Condiciones de equilibrio de la

2ª Ley de Newton - Leyes de la Estática):

• 1º Condición de Equilibrio: $\Sigma F_y = 0$ ($\oplus \uparrow$)

$$\Rightarrow R_F - R + R_G = 0 \sim 750Kg - R + 750Kg = 0$$

$$\therefore R = 1,500Kg = Cte. (\ominus \downarrow)$$

♦ En la viga actuará una carga uniformemente distribuida (W

$$= Cte.): R = \int_L W(x) dx = \int_A dA = A = W * L$$

$$\Rightarrow 1,500Kg = W * (165.24cm) \sim W = 9.078 Kg/cm$$

♦ Posición del punto de aplicación de la resultante, según el

teorema de Pierre Varignon (centroide):

$$\sum \vec{M}_0^{F_i} = \vec{M}_0^R (\oplus \odot) \Rightarrow -\bar{X} * R = - \int_L XW(x) dx$$

$$\Rightarrow \bar{X} = \frac{\int_0^L XW(x) dx}{\int_0^L W(x) dx} = \frac{\int_0^A X dA}{\int_0^A dA} = \frac{1}{L} * \int_L X dx = \frac{L}{2}$$

$$\therefore \bar{X} = \frac{165.24cm}{2} = 82.62cm$$

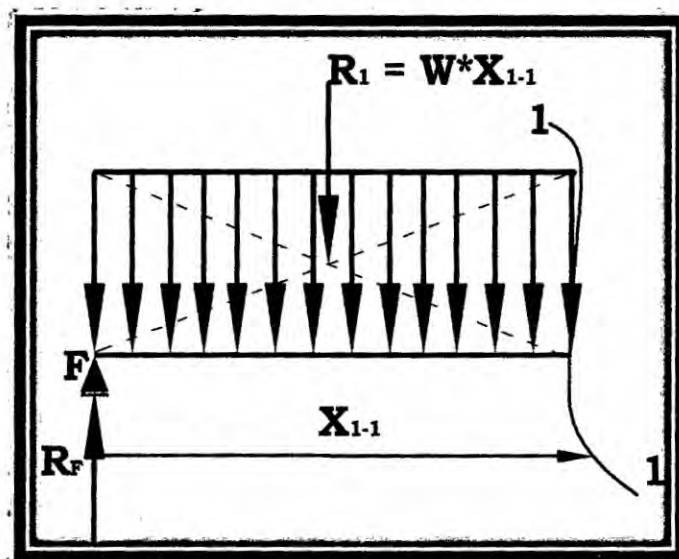
► Expresiones Analíticas de “V” y “M”:

- Sección 1-1: [Izquierda: 0 cm ≤ X₁₋₁ ≤ 82.62 cm]

FIGURA N° 5.12

RESULTANTE DE LA CARGA UNIFORMENTE

DISTRIBUIDA “1-1”



Fuente: Propio de los autores

$$\Rightarrow V_{1-1}: +R_F - R_1 = 750Kg - W * X_{1-1}$$

$$Si: \begin{cases} \diamond X_{1-1} = 0 cm \\ \Rightarrow V_{1-1} = 750Kg - 9.078Kg/cm * 0cm \\ \sim V_{1-1} = 750 Kg \\ \\ \diamond X_{1-1} = 82.62 cm \\ \Rightarrow V_{1-1} = 750Kg - 9.078Kg/cm * 82.62cm \\ \sim V_{1-1} = 0 Kg \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_{1-1} (Parábola): +R_F * X_{1-1} - (W * X_{1-1}) * \left(\frac{X_{1-1}}{2}\right)$$

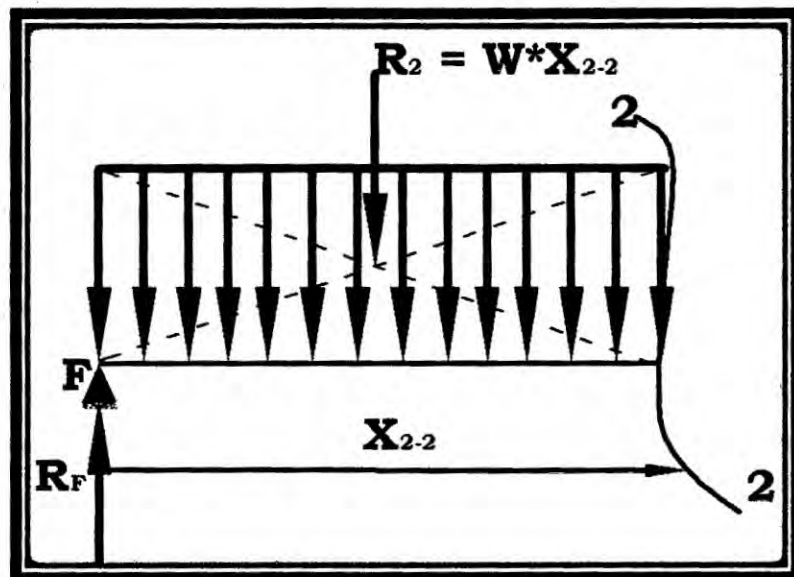
$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l}
 \diamond X_{1-1} = 0 \text{ cm} \\
 \Rightarrow M_{1-1} = 750\text{Kg} * 0\text{cm} - 9.078 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \left(\frac{0^2}{2} \text{cm}^2\right) \\
 \quad \sim M_{1-1} = 0 \text{ Kg} * \text{cm} \\
 \\
 \diamond X_{1-1} = 82.62 \text{ cm} \\
 \Rightarrow M_{1-1} = 750\text{Kg} * 82.62 \text{ cm} - 9.078 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \left(\frac{82.62^2}{2} \text{cm}^2\right) \\
 \quad \therefore M_{1-1} = 30,981.494\text{Kg} * \text{cm} = M_{\text{Máx.}}
 \end{array} \right.$$

- Sección 2-2: [Izquierda: 82.62 cm < X₂₋₂ ≤ 165.24cm]

FIGURA N° 5.13

RESULTANTE DE LA CARGA UNIFORMEMENTE

DISTRIBUIDA "2-2"



Fuente: Propio de los autores

$$\Rightarrow V_{2-2}: +R_F - R_2 = 750\text{Kg} - W * X_{2-2}$$

$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l}
 \diamond X_{2-2} = 82.62 \text{ cm} \\
 \Rightarrow V_{2-2} = 750\text{Kg} - 9.078\text{Kg/cm} * 82.62\text{cm} \\
 \quad \sim V_{2-2} = 0 \text{ Kg} \\
 \\
 \diamond X_{2-2} = 165.24 \text{ cm} \\
 \Rightarrow V_{2-2} = 750\text{Kg} - 9.078\text{Kg/cm} * 165.24\text{cm} \\
 \quad \sim V_{2-2} = -750 \text{ Kg}
 \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow M_{2-2} \text{ (Parábola): } +R_E * X_{2-2} - (W * X_{2-2}) * \left(\frac{X_{2-2}}{2}\right)$$

$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l} \diamond X_{2-2} = 82.62 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{2-2}: \\ 750Kg * 82.62 \text{ cm} - 9.078 \frac{Kg}{cm} * \left(\frac{82.62^2}{2} \text{ cm}^2\right) \\ \therefore M_{2-2} = 30,981.494Kg * cm = M_{Máx.} \\ \\ \diamond X_{2-2} = 165.24 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{2-2}: \\ 750Kg * 165.24 \text{ cm} - 9.078 \frac{Kg}{cm} * \left(\frac{165.24^2}{2} \text{ cm}^2\right) \\ \sim M_{2-2} = 0 \text{ Kg} * cm \end{array} \right.$$

$$\triangleright \sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{Máx.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{30,981.494Kg * cm}{849.667Kg/cm^2} = 36.46 \text{ cm}^3$$

El diseño de una viga consiste fundamentalmente en la selección de su sección transversal, para que garantice una excelente resistencia a las cargas que va a estar sometida.

\therefore Considerando que es el mayor "S_{req}" y teniendo en cuenta las cuestiones económica, de estética y de comercialización del material en el mercado nacional; se seleccionó un Tubo cuadrado ASTM A-36 de ¼ x 3 x 3 in (S = 2.1 in³)³² en lugar de su inmediato superior de 5/16"x3"x3" (S = 2.39 in³); avalado por el sobredimensionamiento del diseño al 200% (FS = 3).

³² Véase la tabla N° 7.3, del anexo N° VII, en la pág. 175.

viii. Vigas transversales de la Base mayor o inferior³³:

a. Datos:

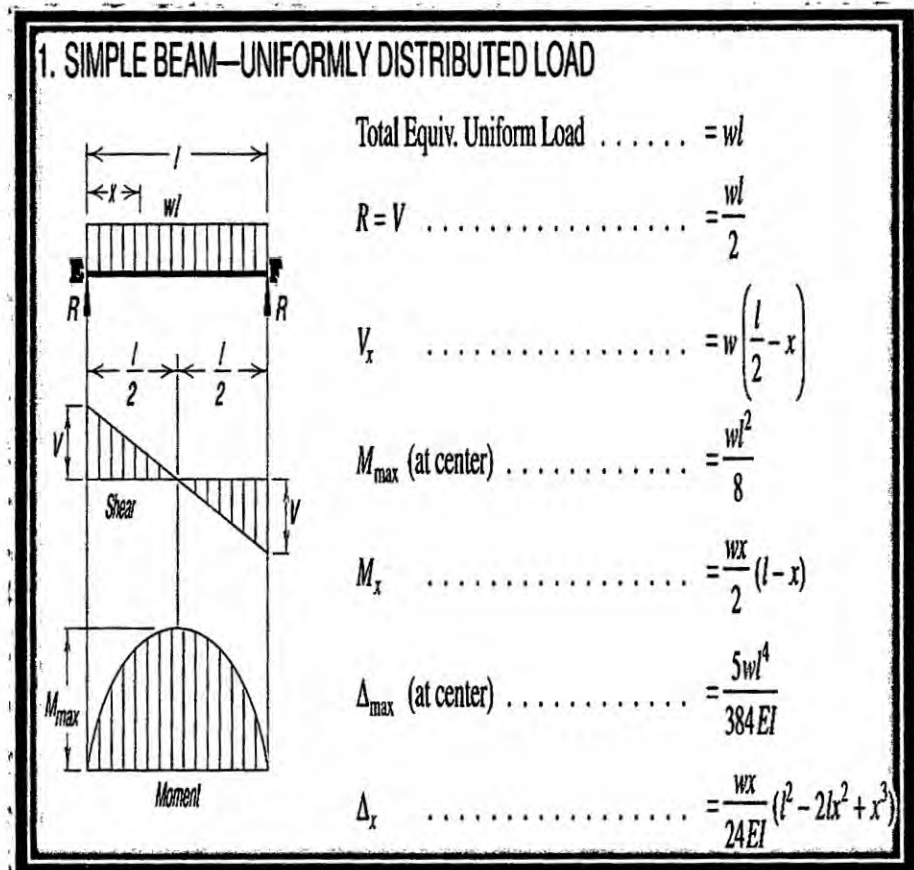
► Como la estructura metálica del Bastidor soportará un peso de 3,000Kg => De la 2ª y 3ª Ley de Newton, la resultante actuará simétricamente en la parte central de cada viga de apoyo (“E-F” ≈ “G-H”): $P = \frac{W_{B.P}}{2} = \frac{3,000 \text{ Kg}}{2} = 1,500 \text{ Kg}$.

$$P = \frac{W_{B.P}}{2} = \frac{3,000 \text{ Kg}}{2} = 1,500 \text{ Kg}$$

► $L_{\text{Viga}} = 101.44 \text{ cm}$.

b. Cálculos:

FIGURA N° 5.14
VIGA SIMPLE - CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA



Fuente: AISC. Método LRFD. 2da ed. pág. 4-190

³³ Véase Plano N° PL-BPMCI-02-003, del anexo N° XII, en la pág. 271.

➤ **Cálculo de las reacciones:**

- En la viga actuará una carga uniformemente distribuida:

$$P=W*L \sim 1,500\text{Kg} = W*101.44\text{cm} \Rightarrow W= 14.787\text{Kg/cm}$$

- $\therefore R_E = R_F = V = \frac{W * L}{2} = \frac{14.787 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * 101.44\text{cm}}{2} = 750\text{Kg}$

➤ **Cálculo del momento máximo:**

- $M_{M\acute{a}x.} = \frac{W * L^2}{8} = \frac{14.787 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * (101.44\text{cm})^2}{8} = 19,019.915\text{Kg*cm}$

➤ $\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549*10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667 \text{ Kg/cm}^2$

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{M\acute{a}x.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{19,019.915\text{Kg*cm}}{849.667\text{Kg/cm}^2} = 22.385\text{cm}^3$$

5.1.5 Memoria de cálculo del diseño del tanque de almacenamiento de combustible³⁴:

A. Consideraciones del diseño:

i. Tipo: Cilíndrico horizontal soldado, de tapas planas, montado sobre superficie (atmosférico) – TK-01.

ii. Combustible a almacenar: Gasolina.

iii. Capacidad nominal: 57 L \approx 0.057 m³.

iv. Capacidad requerida: 39.2L \approx 0.039 m³.

a. De las características técnicas del MCI: Consumo de gasolina (en ciudad) = 6.9L/100Km y V_{Máx.} = 143 Km/h.

\Rightarrow Por regla de 3 simple:

6.9 L ----- 100 Km ----- t (h)

³⁴ Véase Plano N° PL-BPMCI-10-001, del anexo N° XII, en la pág. 283.

V (L) ----- 143 Km ----- 1 h

$$\Rightarrow t(h) = \frac{100 \text{ Km} * 1 \text{ h}}{143 \text{ Km}} = 0.7 \text{ h}$$

$$\Rightarrow V(L) = \frac{1 \text{ h} * 6.9 \text{ L}}{0.7 \text{ h}} = 9.8 \text{ L}$$

∴ El flujo volumétrico (flujo de caudal) de gasolina requerido por el MCI será: 9.8 L/h.

b. Según la programación académica por semestre: Se designan 2 horas de trabajo de experiencias en laboratorio y 2 grupos horarios (15 alumnos por G.H) por 1 día como máximo.

∴ El volumen requerido por día de laboratorio será:

$$V = (9.8\text{L/h}) * (2\text{h}) * (2\text{GH/día}) * (1\text{día}) * (1\text{MCI}) = 39.2\text{L} > 30\text{L}$$

(volumen del depósito de combustible del vehículo Tico).

v. Materiales:

a. Planchas: Acero estructural ASTM A-36, ¼" de espesor, tanto para el cuerpo como para las tapas.

b. Tuberías: Acero al carbono ASTM A53, Gr. B, Sch 40, sin costura; según código ASME B31.3. Las roscas de las tuberías y accesorios según el código ASME B 1.20.1 o ASTM A197.

c. Accesorios y Bridas: Bridas de acero según la especificación ANSI B16.5. Los accesorios roscados de clase 150 como mínimo según ANSI B16.3 y clase 3000 según ANSI B16.11 o ASTM A105.

vi. Condiciones ambientales³⁵:

- a.** Altitud: 7 m.s.n.m.
- b.** T_{Ambiental_máxima}: 33 °C.
- c.** T_{Ambiental_mínima}: 13 °C.
- d.** P_{Diseño}: Atmosférica.
- e.** Humedad relativa: 94%.
- f.** Velocidad del viento: 16 Km/h.

vii. Tratamiento superficial:

a. Preparación de superficie:

- Una vez ensamblado el Tk será sometido a un proceso de granallado, con el fin de realizar un excelente grado de limpieza y decapado superficial y, un idóneo perfil de anclaje (grado de rugosidad) para garantizar una correcta adherencia de pintura externa; el Tk será sometido a un proceso de granallado según norma SSPC-SP5 (Granallado / Chorreado abrasivo seco al grado Metal al Blanco) / NACE N° 1 (óptimo).
- Se utilizará abrasivo de tamaño adecuado para obtener un perfil de anclaje comprendido entre 1.5 y 2.5 mils de grado de rugosidad (N.R. ASTM D 4417-C).

³⁵ * SENAMHI. Website: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=0101>.

* TuTiempo.net. Website: <http://www.tutiempo.net/callao.html>.

* TablaDeMareas.com. Website: <http://www.tablademareas.com/pe/callao/callao>.

* Plan Operativo Institucional del Gobierno Regional del Callao. Website: <http://www.regioncallao.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/file39403.pdf>.

- La superficie estará libre de defectos de construcción como: Salpicadura de soldadura, porosidad, rebabas, filos cortantes entre otros; eliminados mediante Limpieza Manual Mecánica y Motriz (según norma SSPC-SP2: Limpieza de superficie con herramientas manuales, SSPC-SP3: Limpieza de superficie con herramientas motrices).
- Se removerá todo resto de Grasa o Combustible impregnado, con Espátula y Trapo antes del lavado (según norma SSPC-SP1: Limpieza de superficie con solventes).

b. Protección anticorrosiva: Aplicación del plan de pintado.

- La superficie externa del Tk estará recubierto contra la corrosión, con un espesor (EPS) de 16 mils, conforme a las normas UL 1746 parte I:
 - Aplicación de la 1ª capa: Silicato de etilo rico en Zinc Inorgánico => EPS = 4 mils.
 - Aplicación de la 2ª capa: Epóxico poliamida amina => EPS = 8 mils.
 - Aplicación de la 3ª capa: Poliuretano acrílico alifático => EPS = 3 mils.
- Los espesores recomendados se basan de acuerdo a la Norma ISO – 12944 – 5, con expectativa de durabilidad media (hasta 15 años), lográndose además al momento de la aplicación del sistema una buena humectación y nivelación de película.

B. Desarrollo del diseño:

i. Dimensionamiento del Tk:

a. Datos:

➤ Asumiendo medidas comerciales: $\phi = 30\text{cm}$ y $L = 80\text{cm}$.

$$\Rightarrow V = \frac{\pi}{4} * \phi^2 * L = \frac{\pi}{4} * (30\text{cm})^2 * 80\text{cm} = 0.057\text{m}^3.$$

➤ Del volumen nominal ($V_N = 0.057\text{m}^3$) le disminuimos el volumen ocupado por los accesorios del Tk (boquillas, tuberías, etc.) y el “volumen parcial³⁶” intangible por la acumulación de sedimentos de suciedad del combustible y/o del medio ($H = 25\% * \phi = 7.5\text{cm}$).

$$\approx \frac{H}{\phi} = \frac{7.5\text{cm}}{30\text{cm}} = 0.25 \Rightarrow \text{Coeficiente de tabla} = 0.195501.$$

$$\Rightarrow V_{\text{Parcial}} = V_{\text{Total}} * \text{coef.} = 0.057\text{m}^3 * 0.195501 = 0.011\text{m}^3.$$

$$\therefore V_{\text{Nominal}} \approx V_{\text{Requerido}} + V_{\text{Parcial}} + V_{\text{Accesorios}}$$

$$0.057\text{m}^3 \approx 0.039\text{m}^3 + 0.011\text{m}^3 + 0.007\text{m}^3 (\checkmark).$$

ii. Cálculo del espesor de pared (delgada) del casco cilíndrico del

Tk (costura longitudinal):

$$t = \frac{P * R}{S * E + 0.4 * P} + C < \frac{R_i}{2}$$

a. Donde:

➤ Presión de diseño o presión máx. permitida de trabajo o presión interna o presión absoluta: $P = P_{\text{man.}} + P_0$.

³⁶ Véase la tabla N° 7.7, del anexo N° VII, en la pág. 178.

• Donde:

♦ $P_{man.} = \text{Presión manométrica o relativa} = \gamma * H$

✓ Donde:

❖ $\gamma = \text{Peso específico del fluido: Gasolina}^{37}$.

❖ $H = \text{Distancia por debajo de la superficie libre.}$

♦ $P_0 = P_{atm} = \text{Presión atmosférica o barométrica.}$

$\Rightarrow P = 7642 \frac{N}{m^3} * 0.3m + 101.325 KPa = 1.0566 \frac{Kg}{cm^2}$.

↪ Sistema internacional de unidades (S.I.): $Pa = \frac{N}{m^2}$.

↪ Unidades del sistema técnico (S.T.): $\frac{gf}{cm^2}; \frac{Kg}{m^2}$.

↪ Sistema técnico inglés: Poundal square inch (psi): $\frac{lb_f}{in^2}$.

➤ $R = \text{Radio exterior.}$

➤ $S = \text{Esfuerzo de diseño del material (máx. admisible).}$

➤ $E = \text{Eficiencia de la junta (soldadura)}^{38, 39}$.

➤ $0.4 = \text{Coeficiente para aceros a menos de } 400 \text{ } ^\circ C.$

➤ $C = \text{Margen de corrosión o factor por corrección (asumir).}$

➤ $R_i = \text{Radio interior.}$

$$\Rightarrow t = \frac{1.0566 \frac{Kg}{cm^2} * 15cm}{2.549 * 10^3 \frac{Kg}{cm^2} * 0.6 + 0.4 * 1.0566 \frac{Kg}{cm^2}} + 0.125in = 0.1289in$$

$$\Rightarrow t < \frac{R_i}{2} \rightsquigarrow \frac{R_i}{2} = \frac{(15cm - 0.327cm)}{2} = 7.3365cm$$

$\therefore 0.327cm < 7.3365cm$ (✓).

$\Rightarrow \text{Recipientes de pared delgada: } \frac{R_m}{t} \geq 10$

³⁷ Véase la tabla N° 7.15, del anexo N° VII, en la pág. 186.

³⁸ Véase la tabla N° 7.8, del anexo N° VII, en la pág. 179.

³⁹ Véase la fig. N° 2, en la tabla N° 7.9, del anexo N° VII, en la pág. 180.

• **Donde:**

♦ Radio medio: $R_m = \frac{R_e + R_i}{2} = \frac{15\text{cm} + (15-t)\text{cm}}{2}$

∴ $\frac{30\text{cm} - 0.327\text{cm}}{2 \cdot 0.327\text{cm}} \geq 10 \Rightarrow 45.37 \geq 10$ (✓).

iii. Cálculo de la Presión de diseño o presión máx. permitida de trabajo o presión interna a soporta:

$$P = \frac{S * E * t}{R - 0.4 * t} < 0.385 * S * E$$

➤ **Donde:**

- t = Espesor del casco, sin margen por corrosión = 0.01cm.

$$P = \frac{2.549 * 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.6 * 0.01\text{cm}}{15\text{cm} - 0.4 * 0.01\text{cm}} = 1.02 \text{Kg/cm}^2 < 588.819 \text{Kg/cm}^2$$
 (✓)

iv. Cálculo de los esfuerzos en el cuerpo cilíndrico:

a. Junta circunferencial (esfuerzo circunferencial):

$$\sigma_C = \frac{P * D_m}{4 * t}$$

➤ **Donde:**

- Diámetro medio: $D_m = \frac{D_o + D_i}{2} = \frac{D_o + (D_o - t)}{2} = \frac{60\text{cm} - 0.01\text{cm}}{2}$

- t = Espesor del casco, sin margen por corrosión.

$$\Rightarrow \sigma_C = \frac{1.02 \text{Kg/cm}^2 * 29.995\text{cm}}{4 * 0.01\text{cm}} = 764.87 \text{Kg/cm}^2$$

b. Junta longitudinal (esfuerzo longitudinal):

$$\sigma_L = \frac{P * D_m}{2 * t}$$

$$\Rightarrow \sigma_L = \frac{1.02 \text{Kg/cm}^2 * 29.995\text{cm}}{2 * 0.01\text{cm}} = 1529.745 \text{Kg/cm}^2$$

∴ Siendo menor que el admisible del material: 2549Kg/cm² (✓)

v. Cálculo de los espesores mínimos requeridos de las cabezas

(tapas) circulares planas⁴⁰:

$$t = d * \sqrt{\frac{0.13 * P}{S * E}}$$

► **Donde:**

• $d = \text{Diámetro interior del Tk} = D_o - 2*t = 30\text{cm} - 2*0.327\text{cm}$

$$\Rightarrow t = 29.346\text{cm} * \sqrt{\frac{0.13 * 1.02 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{2.549 * 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.6}} = 0.27\text{cm}$$

∴ Concluimos que: $t_{\text{tapas}} > t_{\text{cuerpo}}$. Trabajamos con el mayor:

$0.27\text{cm} + 0.3175\text{cm}$ (margen por corrosión) = $0.5875\text{cm} \Rightarrow$ Se

recomienda un formato de plancha que sea comercial en el

mercado nacional e inmediato superior del que calculamos (de

ser necesario): $\Rightarrow t = \frac{1}{4}" \approx 0.25\text{in} \approx 0.635\text{cm}$ (Desde un punto

de vista económico, coincide con las planchas utilizadas en la

estructura del bastidor del banco).

vi. Cálculo y selección de los accesorios del Tk:

a. Para ello, revisar la figura N° 5 de la tabla N° 7.12 del anexo N°

07 de la página 164.

b. En la tabla N° 7.13 del anexo N° 07 de la página 164; se

muestran los refuerzos para las boquillas del casco.

c. De la tabla N° 7.14 del anexo N° 07 de la página 164; llevan

refuerzos a partir de $\emptyset = 3"$ (columna 1). En este caso ($\emptyset = \frac{1}{2}"$),

los accesorios no llevan refuerzos (columna 5).

⁴⁰ Véase la fig. N° 4, en la tabla N° 7.10, del anexo N° VII, en la pág. 181.

d. En la columna 3 de la tabla N° 7.15 del anexo N° 07 de la página 164; nos indica el diámetro del corte en el casco para la instalación de los accesorios en el mismo (columna 1).

vii. Cálculo del peso del Tk:

a. Dimensiones del Tk⁴¹:

- Diámetro (Ø) : 300 mm.
- Longitud (L) : 800 mm.
- Espesor (t) : 6.35 mm.
- $\gamma_{\text{acero}} = \rho_{\text{acero}}^{42}$: 7.860 g/cm³.

b. Peso del casco (W_C):

- Área (A_{casco}) : $(2 * \pi * R) * (L) = (\pi * \text{Ø}) * L = 0.75 \text{ m}^2$.
- Volumen (V_{casco}) : $(A) * (t) = 4.79 * 10^{-3} \text{ m}^3$.
- => $W_C = \gamma_{\text{acero}} * V_{\text{casco}} \approx 38 \text{ Kgf}$.

c. Peso de las tapas (W_T):

- A_{tapas} : $\pi * R^2 = \pi * \frac{(\phi + 2 * \text{pestañado})^2}{4} = 0.16 \text{ m}^2$.
- V_{tapas} : $(A) * (t) = 1.02 * 10^{-3} \text{ m}^3$.
- => $W_T = \gamma_{\text{acero}} * V_{\text{tapas}} \approx 8 \text{ Kgf}$.

d. Peso del combustible (W_G):

- G.E_{gasolina}⁴³ = $\gamma_{\text{gasolina}} = \rho_{\text{gasolina}}$: 0.76 g/cm³.
- V_{gasolina}: $(\pi * R^2) * (L) = (\pi * \text{Ø}^2/4) * L = 56.55 * 10^{-3} \text{ m}^3$.
- => $W_G = \gamma_{\text{gasolina}} * V_{\text{gasolina}} \approx 43 \text{ Kgf}$.

⁴¹ Véase el plano N° Pl-BPMCI-10-001, del anexo N° XII, en la pág. 283.

⁴² Véase la tabla N° 7.2, del anexo N° VII, en la pág. 174.

⁴³ Véase la tabla N° 7.15, del anexo N° VII, en la pág. 186.

e. Peso de los accesorios ($W_{\text{acces.}}$):

$$\rightsquigarrow W_{\text{acces.}} = 10\% * (W_C + W_T) \approx 5 \text{ Kgf.}$$

$$\Rightarrow \text{Peso en seco del Tk: } W_C + W_T + W_{\text{acces.}} = 51 \text{ Kgf.}$$

$$\therefore \text{Peso Total: Peso en seco del Tk} + W_G = 94 \text{ Kgf.}$$

5.1.6 Memoria de cálculo del diseño de la estructura para el soporte del Tablero de mando y control⁴⁴.

A. Consideraciones del diseño:

i. Teniendo en consideración el diseño de la estructura del bastidor y el confort de los usuarios (INEI: promedio de estatura para el hombre: 1.63 m y 1.52 m para la mujer)⁴⁵.

ii. Cada miembro estructural se analizó de manera individual e independientemente, para garantizar una gran estabilidad al momento de la toma de datos.

iii. **Material de la estructura.-** Tubo cuadrado ASTM A36 de $\frac{1}{4} \times 2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ inch.

iv. **Material del tablero.-** Plancha acrílica Plexiglass (transparente) en formato de 6.35 x 700 x 1000 mm.

a. $V = A * t = (700 * 1000) \text{ mm}^2 * 6.35\text{mm} = 4.445 * 10^{-3} \text{ m}^3.$

b. $\rho_{\text{acrílico}} = 1190 \text{ Kg/m}^3$ (la mitad del vidrio)⁴⁶.

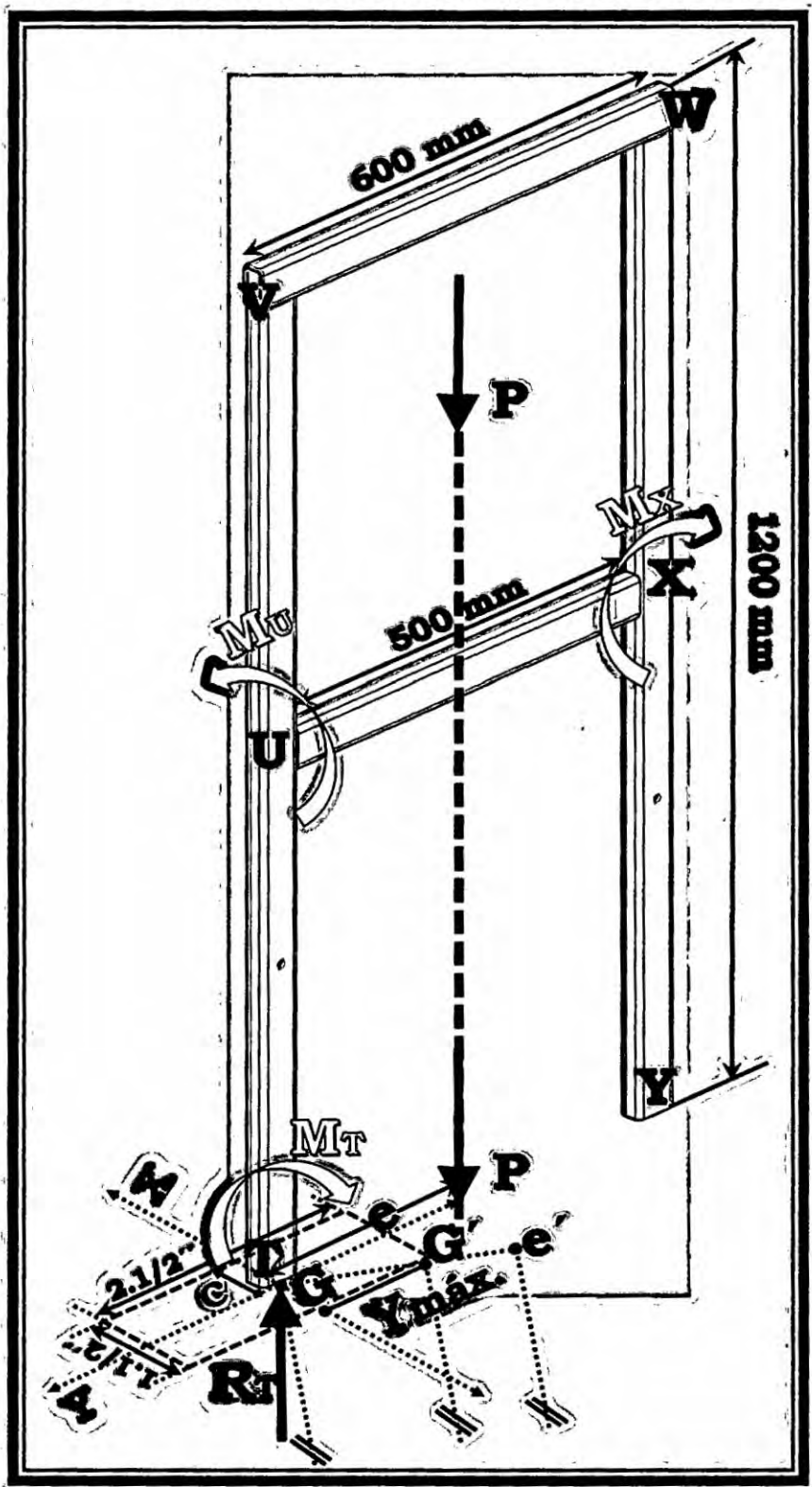
c. $W_{\text{Pl}} = \gamma * V = 1190 \text{ Kg/m}^3 * 4.445 * 10^{-3} \text{ m}^3 \approx 6 \text{ Kgf.}$

⁴⁴ Véase el plano N° PI-BPM-08-001, del anexo N° XII, en la pág. 281.

⁴⁵ Website: <http://www.inei.gob.pe/>.

⁴⁶ Website: <https://es.wikipedia.org/wiki/Polimetilmetacrilato>.

FIGURA N° 5.15
 ESTRUCTURA DEL TABLERO DE MANDO Y CONTROL



Fuente: Propio de los autores

B. Desarrollo del diseño:

i. Columna del soporte

a. Datos:

- La columna “V-T” \approx “W-Y” soportará una carga excéntrica (peso del panel de mando y control): $P = (W_{Pl} + W_{acces.}) * FS$
 $= (6Kg + 100% * W_{Pl}) * 3 = 36Kg$. Como son dos (2) soportes
 $\Rightarrow P_{soporte} = P/2 = 18Kg$.

- $L_{Columna} = 120 \text{ cm}$.

b. Cálculos:

- Columna con el extremo inferior articulado y el superior libre⁴⁷: $L_e = 2.1 * L = 252 \text{ cm} \Rightarrow K = \frac{L_e}{L} = 2.1$

- Mayor razón de esbeltez: $\lambda = \frac{K * L}{r_{min.}} = \frac{2.1 * (\frac{120}{2.54}) \text{ in}}{0.537 \text{ in}} = 184.75$

- $Cc = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{\sigma_f}} = \sqrt{\frac{2 * 3.1416^2 * 2.039 * 10^6 \text{ Kg/cm}^2}{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}} = 125.658$

$$\therefore \text{Columnas largas} \Rightarrow Cc \leq K * \frac{L}{r} \leq 200 \text{ (Cumple)} \quad \square$$

- Carga crítica de pandeo (por fórmula de Leonhard Euler):

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_e^2} = \frac{\pi^2 * 2.039 * 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 43.7 \text{ cm}^4}{(252 \text{ cm})^2} = 13,849.69 \text{ Kg.}$$

• Donde:

- ♦ I^{48} = Momento de inercia de la sección transversal de la columna respecto al eje neutro o de flexión: $I_x = A * r^2$.

⁴⁷ Véase la tabla N° 7.5 & la tabla N° 7.6, del anexo N° VII, en la pág. 177.

⁴⁸ Véase la tabla N° 7.4, del anexo N° VII, en la pág. 176.

$$\triangleright \sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 * E * (A * r^2)}{A * L_e^2} = \frac{\pi^2 * E}{(L_e/r)^2} = \frac{\pi^2 * 2.039 * 10^6 \frac{Kg}{cm^2}}{184.75^2}$$

$$\Rightarrow \sigma_{cr} = 589.587 \text{ Kg/cm}^2.$$

• **Donde:**

♦ $r = r_y = r_{\min}$ = Radio de giro mínimo⁴⁸.

$$\triangleright P_{adm.} = \frac{P_{cr}}{FS} = \frac{13,849.69Kg}{3} = 4,616.563Kg.$$

► Falla por Pandeo (C. Largas): $\sigma_{m\acute{a}x} \leq \frac{\sigma_{cr}}{FS}$

► **Carga excéntrica (Fórmula de la secante):**

• Deflexión transversal máx. (mitad de la columna = $L/2$):

$$y_{m\acute{a}x} = e * \left[\sec\left(\sqrt{\frac{P}{E * I}} * \frac{L}{2}\right) - 1 \right] = e * \left[\sec\left(\frac{\pi}{2} * \sqrt{\frac{P_{adm}}{P_{cr}}}\right) - 1 \right]$$

$$y_{m\acute{a}x} = 28.075cm * \left[\sec\left(\frac{\pi}{2} * \sqrt{\frac{1}{3}}\right) - 1 \right] = 17.487cm$$

♦ **Donde:**

✓ Para $y_{m\acute{a}x}$ infinita: $\sec\left(\sqrt{\frac{P_{cr}}{E * I}} * \frac{L}{2}\right) = \infty \Rightarrow \sqrt{\frac{P_{cr}}{E * I}} * \frac{L}{2} = \frac{\pi}{2}$

✓ e = Excentricidad de la carga. Distancia de la línea de acción de carga excéntrica al eje neutro longitudinal del área de la sección transversal de la columna.

• Máx. esfuerzo elástico de compresión (sección media de la columna: $L/2 \Rightarrow$ produce máx. momento flector):

$$\frac{P}{A} = \frac{\sigma_{m\acute{a}x}}{\left[1 + \frac{e * c}{r^2} * \sec\left(\frac{1}{2} * \sqrt{\frac{P}{E * A}} * \frac{L_e}{r}\right) \right]}$$

$$\Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = \frac{P}{A} * \left[1 + \frac{e+c}{r^2} * \sec\left(\frac{\pi}{2} * \sqrt{\frac{P_{\text{adm}}}{P_{\text{cr}}}}\right) \right]$$

$$\approx \sigma_{\text{máx}} = \frac{18Kg}{10.258cm^2} * \left[1 + \frac{28.075cm * 1.9cm}{(2.07cm)^2} * \sec\left(\frac{\pi}{2} * \sqrt{\frac{1}{3}}\right) \right]$$

$$\Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = 37.206 \text{ Kg/cm}^2.$$

♦ **Donde:**

✓ $c =$ Distancia del eje neutro de la sección transversal respecto del cual sucede la flexión, hasta su orilla exterior. Como el sentido del momento va a estar en la dirección en el eje "X" $\Rightarrow c = \frac{1.5in}{2} = 1.9cm^{49}$.

✓ $\frac{e+c}{r^2} =$ Relación de excentricidad.

✓ $r = r_x =$ Radio de giro⁴⁹.

• **Esfuerzos normales ejercidos en una sección transversal**

de la columna: $\sigma = \sigma_{\text{céntrico}} + \sigma_{\text{flexión}}$

♦ **Donde:**

✓ $\sigma_{\text{céntrico}} =$ Esfuerzo axial generado por la superposición de la carga céntrica "P" $= \frac{P}{A}$.

✓ $\sigma_{\text{flexión}} =$ Esfuerzo flexionante generado por la carga excéntrica o un par "M" $= \frac{M_{\text{máx}} * c}{I} = \frac{M}{S} = \frac{P * e}{S}$

❖ **Donde:**

▪ Momento estático de media sección: $S = \frac{I}{c} = S_x^{49}$.

• **Columna corta e intermedia: Método del $\sigma_{\text{permisible}}$**

⁴⁹ Véase la tabla N° 7.4, del anexo N° VII, en la pág. 176.

$$\Rightarrow \sigma_{\text{máx}} = \sigma_{\text{céntrico}} + \sigma_{\text{flexión}} \leq \sigma_{\text{perm}}$$

• **Columnas largas: Método de interacción**

$$\Rightarrow \frac{P/A}{(\sigma_{\text{perm}})_{\text{céntrico}}} + \frac{\frac{P \cdot e}{S} \cdot C_m}{F_A \cdot (\sigma_{\text{perm}})_{\text{flexión}}} \leq 1$$

♦ **Donde:**

✓ Factor de columna: $C_m = 0.6 - 0.4 \cdot \frac{M_1}{M_2} \sim (M_1 > M_2)$.

$\Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = (+)$: Curva doble.

$\Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = (-)$: Curva simple $\sim \frac{M_1}{M_2} \approx -1$

✓ $(\sigma_{\text{perm}})_{\text{céntrico}}$ = Esfuerzo axial permisible:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{cr}}}{FS} = \frac{\sigma_{\text{cr}}}{23/12} \approx 1.92 = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}$$

✓ Factor de ampliación: $F_A = 1 - \frac{P/A}{F_E}$

❖ **Donde:**

▪ Factor de Euler: $F_E = \frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} = \sigma_{\text{perm}}$

▪ $(\sigma_{\text{perm}})_{\text{flexión}}$: Esfuerzo de flexión permisible = $0.6 \cdot \sigma_f$

○ **Donde:**

★ Factor de resistencia para la flexión = 0.6

$$\Rightarrow \frac{P/A}{\frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}} + \frac{\frac{P \cdot e}{S} \cdot [0.6 - 0.4 \cdot (-1)]}{\left(1 - \frac{P/A}{\frac{12}{23} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2}}\right) \cdot (0.6 \cdot \sigma_f)} \leq 1$$

$$\frac{\frac{18\text{Kg}}{10.258\text{cm}^2}}{\frac{12}{23} \frac{\pi^2 \cdot 2.039 \cdot 10^6}{184.75^2} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)} + \frac{\frac{18\text{Kg} \cdot 28.075\text{cm}}{13.83\text{cm}^3} \cdot 1}{\left(1 - \frac{\frac{18}{10.258} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)}{\frac{12}{23} \frac{\pi^2 \cdot 2.039 \cdot 10^6}{184.75^2} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)}\right) \cdot (0.6 \cdot 2.549 \cdot 10^3 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2})} \leq 1$$

$$\Rightarrow 0.03 \leq 1 \quad (\checkmark)$$

∴ 1ª Posición de equilibrio: Carga real aplicada (P) < Carga crítica (P_{cr}) ⇒ “Sistema Estable” (Es decir: “θ: Ángulo finito de deflexión = 0”). 2ª Posición de equilibrio (esfuerzos por debajo del límite de cadencia del material): C_{ada} < a_{cre}
 ⇒ “No hay falla por fluencia”

ii. Viga transversal superior del soporte⁵⁰:

a. Datos:

► Como la estructura metálica soportará un peso de 36Kg ⇒ De la 2ª y 3ª Ley de Newton, la línea de acción de la resultante actuará simétricamente en la parte central de la viga de apoyo (“V-W”).

► L_{viga} = 60 cm.

b. Cálculos:

► Cálculo de las reacciones:

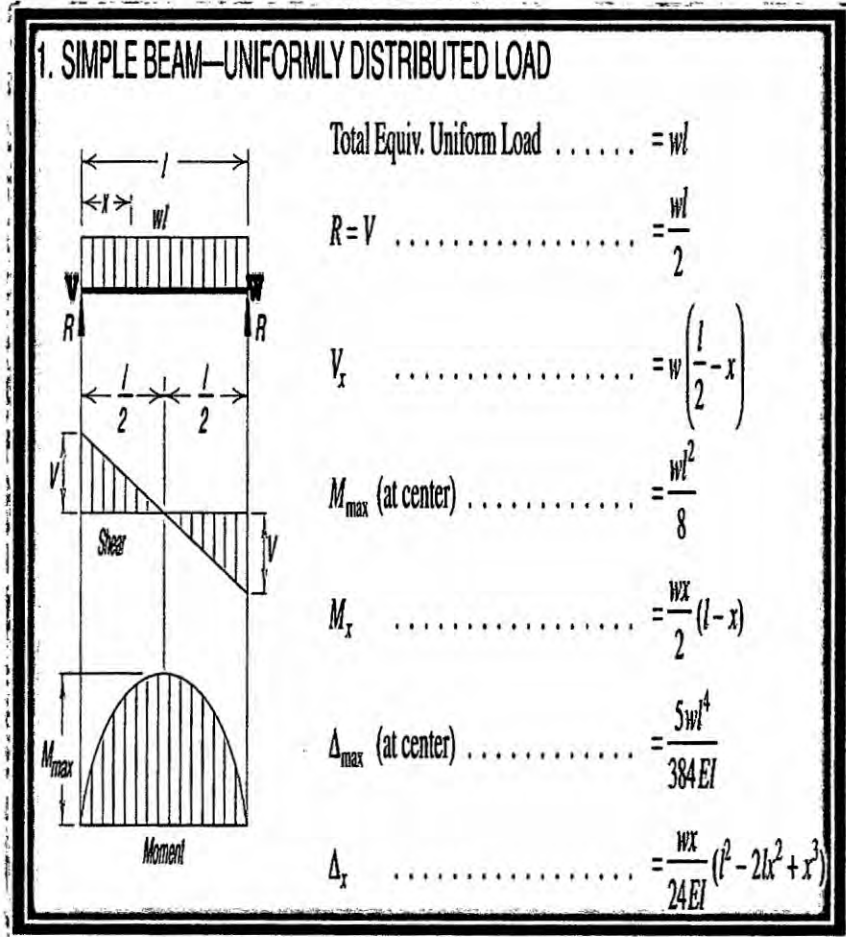
• En la viga actuará una carga uniformemente distribuida:

$$P = W \cdot L \rightsquigarrow 36\text{Kg} = W \cdot 60\text{cm} \Rightarrow W = 0.6\text{Kg/cm}$$

$$\therefore R_V = R_W = R = V = \frac{W \cdot L}{2} = \frac{0.6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} \cdot 60\text{cm}}{2} = 18\text{Kg}$$

⁵⁰ Véase el plano N° PI-BPMCI-08-001, del anexo N° XII, en la pág. 281.

FIGURA N° 5.16
VIGA SIMPLE - CARGA UNIFORMEMENTE
DISTRIBUIDA



Fuente: AISC. Método LRFD. 2^{da} ed. pág. 4-190

➤ **Cálculo del Momento máximo:**

$$M_{Máx.} = \frac{W * L^2}{8} = \frac{0.6 \frac{Kg}{cm} * (60cm)^2}{8} = 270Kg*cm$$

$$\sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 * 10^3 Kg/cm^2}{3} = 849.667 Kg/cm^2$$

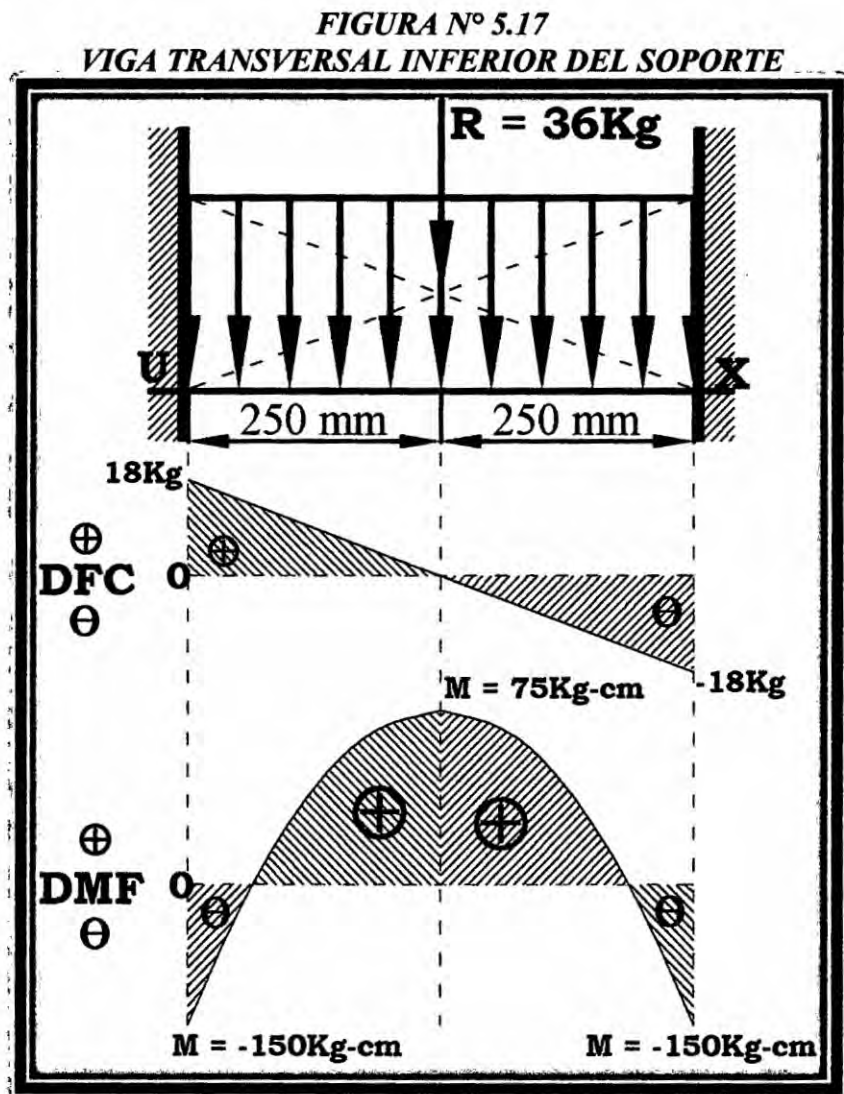
$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{Máx.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{270Kg*cm}{849.667Kg/cm^2} = 0.318cm^3 \approx 0.019in^3$$

iii. Viga transversal inferior del soporte⁵¹:

a. Datos:

➤ Como la estructura metálica soportará un peso de 36Kg => De la 2ª y 3ª Ley de Newton, la línea de acción de la resultante actuará simétricamente en la parte central de la viga empotrada (“U-X”).

➤ $L_{\text{viga}} = 50 \text{ cm}$.



Fuente: Propio de los autores

⁵¹ Véase el plano N° Pt-BPMCI-08-001, del anexo N° XII, en la pág. 281.

b. Cálculos:

➤ **Cálculo de las reacciones (Condiciones de equilibrio de la 2ª Ley de Newton - Leyes de la Estática):** De acuerdo con el principio de superposición, de las condiciones de frontera y a la simetría de la carga y de la geometría; se calculó las fuerzas y momentos reactivos e internos en términos de la fuerza y par redundante.

• **2º Condición de Equilibrio:** $\sum M_U^F = 0$ (\oplus \ominus)

◆ Considerando a la viga como un cuerpo libre:

$$\Rightarrow -36\text{Kg} * 25\text{cm} + (R_X) * 50\text{cm} = 0$$

$$\therefore R_X = 18\text{Kg} = \text{Cte. (1)}$$

◆ Viga empotrada:

$$\sim M_U - 36\text{Kg} * 25\text{cm} + (R_X) * 50\text{cm} - M_X = 0$$

$$\therefore M_U = M_X = \frac{W * L^2}{12}$$

• **1º Condición de Equilibrio:** $\sum F_Y = 0$ (\oplus \uparrow)

$$\Rightarrow R_U - R + R_X = 0 \sim R_S - 36\text{Kg} + 18\text{Kg} = 0$$

$$\therefore R_U = 18\text{Kg} = \text{Cte. (1)}$$

• En la viga actuará una carga uniformemente distribuida ($W =$

$$\text{Cte.}): R = \int_L W(x) dx = \int_A dA = A = W * L$$

$$\Rightarrow 36\text{Kg} = W * (50\text{cm}) \sim W = 0.72 \text{ Kg/cm}$$

• Posición del punto de aplicación de la resultante:

$$\Rightarrow \bar{X} = \frac{L}{2} = \frac{50\text{cm}}{2} = 25\text{cm}$$

► **Expresiones Analíticas de “V” y “M”:**

• **Sección 1-1: [Izquierda: $0 \text{ cm} \leq X_{1-1} \leq 25 \text{ cm}$]**

$$\Rightarrow V_{1-1}: +R_U - R_1 = 18\text{Kg} - W * X_{1-1}$$

$$\text{Si: } \begin{cases} \diamond X_{1-1} = 0 \text{ cm} \\ \Rightarrow V_{1-1} = 18\text{Kg} - 0.72\text{Kg/cm} * 0\text{cm} \\ \quad \sim V_{1-1} = 18 \text{ Kg} \\ \\ \diamond X_{1-1} = 25 \text{ cm} \\ \Rightarrow V_{1-1} = 18\text{Kg} - 0.72\text{Kg/cm} * 25\text{cm} \\ \quad \sim V_{1-1} = 0 \text{ Kg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_{1-1} (\text{Parábola}): -\frac{W * L^2}{12} + R_U * X_{1-1} - (W * X_{1-1}) * \left(\frac{X_{1-1}}{2}\right)$$

$$\text{Si: } \begin{cases} \diamond X_{1-1} = 0 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{1-1}: \\ -\frac{0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * (50\text{cm})^2}{12} + 18\text{Kg} * 0\text{cm} - 0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \frac{(0\text{cm})^2}{2} \\ \quad \sim M_{1-1} = -150 \text{ Kg} * \text{cm} \\ \\ \diamond X_{1-1} = 25 \text{ cm} \\ \Rightarrow M_{1-1}: \\ -\frac{0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * (50\text{cm})^2}{12} + 18\text{Kg} * 25\text{cm} - 0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \frac{(25\text{cm})^2}{2} \\ \quad \therefore M_{1-1} = 75\text{Kg} * \text{cm} = M_{\text{Máx.}} \end{cases}$$

• **Sección 2-2: [Derecha: $25 \text{ cm} \geq X_{2-2} \geq 0 \text{ cm}$]**

$$\Rightarrow V_{2-2}: -R_X + R_2 = -18\text{Kg} + W * X_{2-2}$$

$$\text{Si: } \begin{cases} \diamond X_{2-2} = 0 \text{ cm} \\ \Rightarrow V_{2-2} = -18\text{Kg} + 0.72\text{Kg/cm} * 0\text{cm} \\ \quad \sim V_{2-2} = -18 \text{ Kg} \\ \\ \diamond X_{2-2} = 25 \text{ cm} \\ \Rightarrow V_{2-2} = -18\text{Kg} + 0.72\text{Kg/cm} * 25\text{cm} \\ \quad \sim V_{2-2} = 0 \text{ Kg} \end{cases}$$

$$\Rightarrow M_{2-2} (\text{Parábola}): -\frac{W * L^2}{12} + R_X * X_{2-2} - (W * X_{2-2}) * \left(\frac{X_{2-2}}{2}\right)$$

$$\text{Si: } \left\{ \begin{array}{l}
 \diamond X_{2-2} = 0 \text{ cm} \\
 \Rightarrow M_{2-2}: \\
 \frac{0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * (50\text{cm})^2}{12} + 18\text{Kg} * 0\text{cm} - 0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \frac{(0\text{cm})^2}{2} \\
 \sim M_{2-2} = -150 \text{ Kg} * \text{cm} \\
 \\
 \diamond X_{2-2} = 25 \text{ cm} \\
 \Rightarrow M_{2-2}: \\
 \frac{0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * (50\text{cm})^2}{12} + 18\text{Kg} * 25\text{cm} - 0.72 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} * \frac{(25\text{cm})^2}{2} \\
 \therefore M_{2-2} = 75\text{Kg} * \text{cm} = M_{M\acute{a}x.}
 \end{array} \right.$$

$$\triangleright \sigma_{adm.} = \frac{\sigma_f}{FS} = \frac{2.549 * 10^3 \text{ Kg/cm}^2}{3} = 849.667 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow S_{req.} = \frac{|M|_{M\acute{a}x.}}{\sigma_{adm.}} = \frac{150\text{Kg} * \text{cm}}{849.667\text{Kg/cm}^2} = 0.177 \text{ cm}^3 \approx 0.01 \text{ in}^3$$

5.1.7 Cálculo y selección de los dispositivos de medición y control

A. Termómetros:

i. Temperatura del aire al ingreso del MCI

Teniendo en cuenta las condiciones atmosféricas de temperatura en la toma del aire, según SENAMHI: 33 °C en verano y 13 °C en invierno - Callao; se seleccionó:

➤ Instrumento de medición : Termómetro analógico.

➤ Marca : R WEGER.

➤ Modelo : Bourdon circular.

➤ Rango de indicación : 0 @ 50 °C.

➤ Posición de trabajo : Vertical.

➤ División mínima : 1 °C.

➤ Calibración : SNM-INDECOPI.

• **Importancia.-** La temperatura, altitud, etcétera; inciden

directamente en la densidad del aire (concentración de moléculas de oxígeno por volumen de aire) y ello en la mezcla estequiometría de relación aire / combustible; por ende, en la potencia del motor, emisiones contaminantes de los gases de combustión, consumo de combustible y el adelanto de la chispa por carga (RPM % Velocidad).

ii. Temperatura del agua a la entrada y salida del MCI

Teniendo en cuenta un aproximado de 82 °C de temperatura del líquido refrigerante a la salida del motor y considerando la caída de temperatura del líquido en el radiador, $\Delta T \approx 8\text{ °C}$ a 10 °C , por lo cual se seleccionó:

- Instrumento de medición : Termómetro digital a distancia, con conmutador para seleccionar.
- Marca : ARMATHERM.
- Modelo : R WEGER.
- Rango de indicación : 0 @ 120 °C.
- Posición de trabajo : Vertical.
- División mínima : 1 °C.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

- **Importancia.-** La refrigeración del MCI es necesaria porque durante la combustión, según el diseño del motor, alrededor del 33% de la energía potencial del combustible se transforma en trabajo mecánico y, el resto se transforma en calor que es

necesario disipar para evitar comprometer la integridad mecánica del motor (para mantener todos los componentes dentro del rango de temperaturas de diseño y evitando su destrucción por deformación y agarrotamiento).

iii. Temperatura de los gases de escape de combustión

La composición química del GLP no es tan pesada como el de la estructura química de la gasolina y éste, tampoco como el de la estructura molecular del diésel; por ende, la temperatura de los gases de escape de la combustión para la gasolina oscilada entre 371 y 593 °C, en este caso se seleccionó:

- Instrumento de medición : Termómetro digital.
- Marca : ARMATHERM.
- Modelo : SD - 15 para conexión con termopilas K.
- Rango de indicación : 0 @ 1200 °C.
- Posición de trabajo : Vertical.
- División mínima : 2 °C.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

• **Importancia.-** La temperatura de los gases de combustión o gases de escape permiten identificar, de manera indirecta, la eficiencia o calidad de la combustión:

- ◆ Muy baja temperatura.- Combustión fría => combustión incompleta.

◆ Muy alta temperatura.- Aprovechamiento térmico pobre =>

Deficiente conversión de energía térmica a mecánica.

iv. Temperatura del combustible

Como el combustible se encuentra almacenado en un tanque volumétrico con una temperatura promedio de 24 °C, entonces se seleccionó:

- Instrumento de medición : Termómetro digital a distancia, con conmutador para seleccionar.
- Marca : ARMATHERM.
- Modelo : Bourdon circular.
- Rango de indicación : 0 @ 100 °C.
- Posición de trabajo : Vertical.
- División mínima : 1 °C.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

• **Importancia.-** Similar a la temperatura del aire de ingreso, la proporción del combustible inyectado, por cambios de la densidad en función de la temperatura, tendrá una mayor concentración de moléculas cuando está frío y menor cuando está caliente (variando de esta forma la mezcla aire - combustible).

v. Temperatura del aceite del MCI

Como la temperatura del aceite alcanza valores de 40 @ 160 °C, se seleccionó:

- Instrumento de medición : Termómetro digital a distancia, con conmutador para seleccionar.
- Marca : ARMATHERM.
- Modelo : Bourdon circular.
- Rango de indicación : 0 @ 200 °C.
- Posición de trabajo : Vertical.
- División mínima : 1 °C.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

• **Importancia.-** La función principal del aceite es de lubricar, creando una película separadora entre las superficies móviles adyacentes para minimizar el contacto directo entre los componentes (desgaste por fricción), también limpia, inhibe la corrosión y reduce la temperatura del motor.

B. Manómetros

i. Manómetro de presión de aceite

Dado que la presión de aceite del motor oscila dentro del rango de 4 @ 6 bar, entonces se seleccionó:

- Instrumento de medición : Manómetro.
- Marca : Bourdon.
- Modelo : Bourdon circular.
- Alcance de escala (Rango) : 0 a 7 Bar.
- Posición de trabajo : Vertical.
- Clase de exactitud : 1.6

➤ Calibración : SNM-INDECOPI.

- **Importancia.**- La bomba de aceite es el corazón del motor, regula el volumen y la presión del aceite para lubricar todas las partes móviles del motor. La presión de aceite varía según la temperatura del motor y es causada por la resistencia del aceite a fluir (viscosidad). Cuando el aceite comienza a circular y va tomando temperatura, su viscosidad disminuye hasta llegar a un nivel de presión estable.

C. Tacómetro

Puesto que la máxima revolución del motor Daewoo de tico es de 5500 RPM, se seleccionó:

- Instrumento de medición : Tacómetro digital.
- Marca : MOD – TUDIT.
- Modelo : Bourdon circular.
- Rango : 0 a 6000 RPM.
- Posición de trabajo : Todas las posiciones.
- Clase de exactitud : 1.6
- Calibración : SNM-INDECOPI.

D. Caudal de combustible

i. Consideraciones:

a. El caudal de combustible oscila de 0 @ 9.8 L/h.

b. También se podría calcular: $C_{e_c} = \frac{\dot{m}_c}{\dot{W}_e} = \frac{\rho_c * \dot{V}_c}{\dot{W}_e}$

➤ **Donde:**

- C_{e_c} = Consumo específico de combustible ($\text{Kg}/\text{KW}\cdot\text{h}$).
- \dot{m}_c = Flujo másico de combustible (Kg/h).
- \dot{W}_e = Potencia efectiva (KW).
- ρ_c = Densidad del combustible (Kg/m^3).
- \dot{V}_c = Flujo de caudal o volumétrico (m^3/h).

ii. Se seleccionó:

- Instrumento de medición : Medidor de caudal.
- Marca : MOD – TUDIT.
- Modelo : 2300.
- Rango : 0.1 L/h @ 1000 L/h.
- Presión : 10 @ 20 Bar
- Material : AISI 316 (PVC – PTFE)
- Longitud : 165 – 390 mm.
- Posición de trabajo : Todas las posiciones.
- Clase de exactitud : 1.6.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

E. Medidor de flujo de aire

i. Consideraciones:

$$\Rightarrow r_{a/c} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_c} \Rightarrow \dot{m}_a = r_{a/c} * \dot{m}_c$$

➤ **Donde:**

- $r_{\frac{a}{c(T)}}$ = Relación aire – combustible estequiométrico.

• \dot{m}_a = Consumo horario de aire (Kg/s).

• \dot{m}_c = Flujo másico de combustible [$\rho_c * \dot{V}_c$ (Kg/s)].

$$\Rightarrow \dot{m}_a = 14.45 \frac{Kg_{Aire}}{Kg_{Comb.}} * 0.76 \frac{g}{cm^3} * 9.8 \frac{L}{h} = 107.6236 \frac{Kg_{aire}}{h}$$

$$\therefore \dot{V}_{aire} = \frac{\dot{m}_a}{\rho_a} = \frac{107.6236 \frac{Kg}{h}}{1.02 \frac{Kg}{m^3}} = 105.5 m^3/h \approx 1,758.33 l/s$$

ii. Se seleccionó:

a. Medidor de placa de orificio y manómetro diferencial de presión (ΔP):

➤ Para conductos de 3" @ 6" de diámetro exterior (\varnothing_e).

➤ ASME recomienda: Diámetro de Orificio no debe exceder la quinta parte del " \varnothing_e " de los conductos.

b. Luego tenemos las siguientes características:

➤ $\varnothing_e = 6$ in.

➤ Espesor de placa: $t = \frac{1}{8}$ ".

➤ Diámetro interior de orificio (\varnothing_i) = 1.9 in.

➤ Longitud del conducto = 16".

F. Caudal de agua en el motor

i. Consideraciones:

➤ Sabemos: $Q_{Ref} = (12 - 30)\% Q_{Total}$

$$\Rightarrow \frac{30}{100} (Q_{Total}) = \dot{m}_{H_2O} * C_{e_{H_2O}} * (T_s - T_e)$$

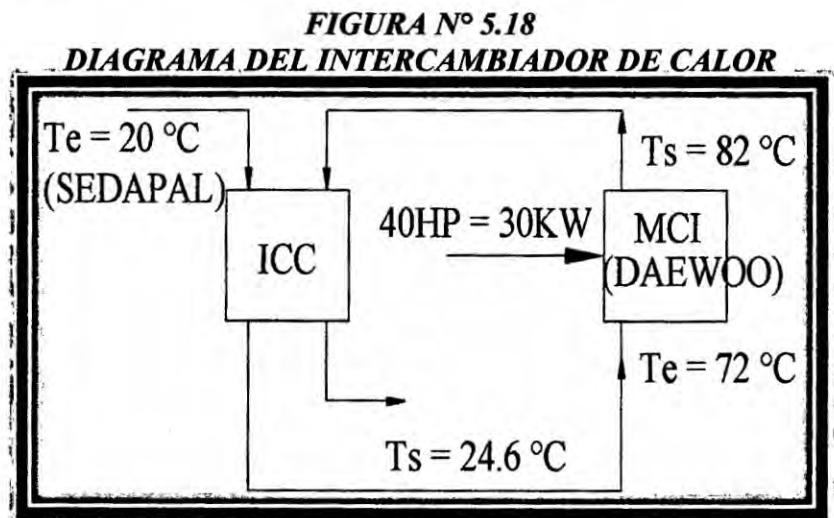
$$\Rightarrow \dot{m}_{H_2O} = \frac{\frac{30}{100} (30.146 \text{ KW})}{\left[4.195 \frac{KJ}{Kg \cdot K}\right] * 10K} = 0.22 \text{ Kg/s}$$

$$\therefore \dot{V}_{H_2O} = \frac{\dot{m}_{H_2O}}{\rho_{H_2O}} = \frac{0.22 \text{ Kg/s}}{970 \text{ Kg/m}^3} = 0.8165 \text{ m}^3/\text{h} \approx 816.5 \text{ l/h}$$

ii. Se seleccionó:

- Instrumento de medición : Medidor de caudal.
- Marca : Teofluid.
- Modelo : 6001.
- Rango : 0.1 l/h @ 4m³/h.
- Presión : 10 @ 20 Bar.
- Temperatura : -10 °C @ 150 °C.
- Material : AISI 316 (PVC – PTFE)
- Longitud : 375 a 415 mm.
- Posición de trabajo : Todas las posiciones.
- Clase de exactitud : 1.6.
- Calibración : SNM-INDECOPI.

5.1.8 Memoria de cálculo del diseño y selección del intercambiador de calor (ICC)



Fuente: Propio de los autores

A. Flujo másico del agua caliente

► **Por Maleev:** $\dot{Q}_{\text{pierde el agua}} = (12 \text{ a } 30)\% \dot{Q}_{\text{total}}$

$$\Rightarrow \frac{30}{100} (Q_{\text{Total}}) = \dot{m}_{H_2O} * C_{e_{H_2O}} * (T_s - T_e)$$

$$\therefore \dot{m}_{H_2O} = \frac{0.3 * (40.426 \text{ Kw})}{4.195 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} * \text{K}} * 10 \text{ K}} = 0.3 \text{ Kg/s}$$

B. Flujo másico del agua fría

► Para un diámetro de tubo = 1" \approx 0.0254 m.

► Velocidad del $H_2O_{\text{Potable}} = (1 @ 5) \text{ m/s} \Rightarrow V = 3 \text{ m/s}$ (Servicio doméstico)⁵².

$$\Rightarrow \dot{m}_{H_2O} = \rho_{H_2O} * \dot{Q} = \left(1,000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right) * \left[3 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \left(\frac{\pi}{4} * (0.0254 \text{ m})^2\right)\right]$$

• **Donde:**

♦ $\dot{Q} = \text{Flujo de caudal} = V_{\text{fluido}} (\text{m/s}) * A_{\text{sección}} (\text{m}^2)$.

$$\therefore \dot{m}_{H_2O} = 1.52 \text{ Kg/s}$$

C. Cálculo del flujo calorífico que gana el agua del motor

$$\dot{Q} = \dot{m}_c * C_e * (T_s - T_e)$$

$$\therefore Q = 0.3 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} * 4,195 \frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{K}} * (82 - 72) \text{ K} = 12.585 \text{ KW}$$

D. Cálculo de la temperatura de salida del agua fría

► De la primera ley de la termodinámica (FEES):

Se consideró: $\Delta C_e \approx 0$, $\Delta C_p \approx 0$ y $\dot{W} \approx 0$.

$$\Rightarrow \dot{Q}_{\text{Gana el agua fría}} = \dot{Q}_{\text{pierde el agua del motor}}$$

⁵² SEDAPAL. Website: <http://www.sedapal.com.pe/>.

$$\dot{Q} = \dot{m}_f * C_e * (T_s - T_e) \Rightarrow T_s = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}_f * C_e} + T_e$$

$$\therefore T_s = \frac{12.585KW}{1.52 \frac{Kg}{s} * 4.195 \frac{KJ}{Kg * K}} + 20 \text{ } ^\circ C = 22 \text{ } ^\circ C$$

a. Agua caliente ^V/s Agua fría

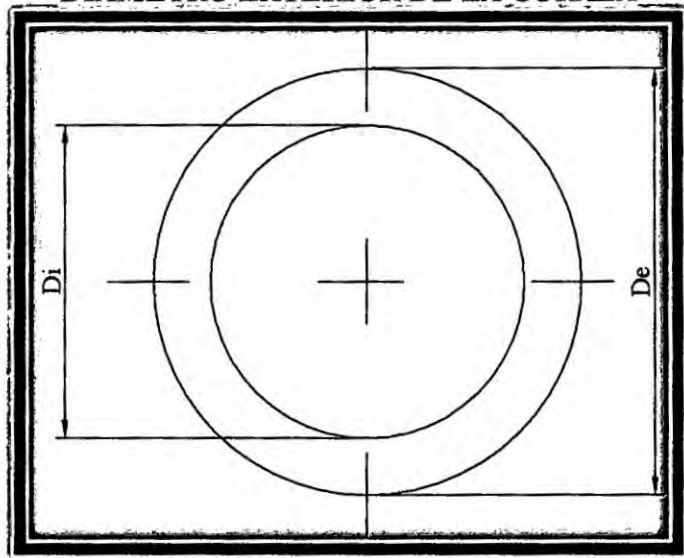
AGUA CALIENTE	AGUA FRÍA
SALIDA DEL MCI	SEDAPAL
<ul style="list-style-type: none"> • $\dot{m}_c = 0.3 \text{ Kg/s.}$ • $T_s = 82 \text{ } ^\circ C.$ • $T_e = 72 \text{ } ^\circ C.$ • $V = 2 \text{ m/s.}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • $\dot{m}_f = 1.52 \text{ Kg/s.}$ • $T_e = 20 \text{ } ^\circ C.$ • $T_s = 24.6 \text{ } ^\circ C.$ • $V = 3 \text{ m/s.}$

b. Consideraciones

- Se permite una caída de presión de 69KPa.
- Se prevé un factor de obstrucción.
 - Para agua caliente = 0.001.
 - Para agua fría = 0.003.
- Cuando la velocidad excede los 1.8 m/s, en los tubos, se dispone para este servicio un intercambiador.
 - Para la coraza⁵³:
 - ◆ $D_1 = 7.63/64''.$
 - ◆ $D_2 = 8.5/8''.$
 - ◆ **Schedule (SCH) = 40.**

⁵³ Véase la tabla N° 7.24 @ 7.33, del anexo N° VII, en la pág. 194 @ 203.

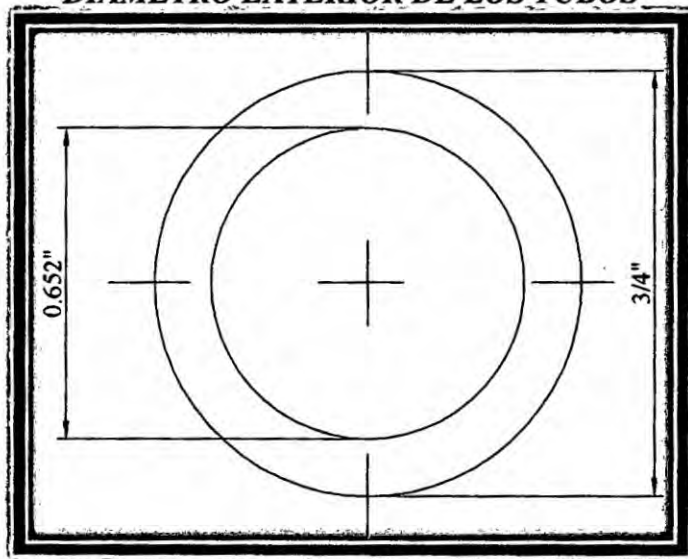
FIGURA N° 5.19
DIÁMETRO EXTERIOR DE LA CORAZA



Fuente: Propio de los autores

$\Rightarrow e = 5/16''$

FIGURA N° 5.20
DIÁMETRO EXTERIOR DE LOS TUBOS

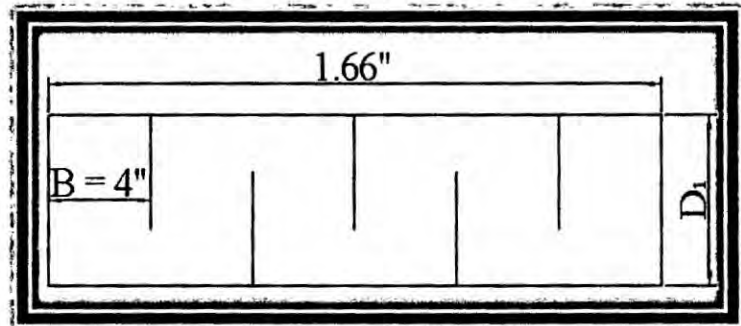


Fuente: Propio de los autores

\Rightarrow Tubos con arreglo⁵⁴: N° Tubos = 36

⁵⁴ Véase la tabla N° 7.24 @ 7.33, del anexo N° VII, en la pág. 194 @ 203.

**FIGURA N° 5.21
UBICACIÓN DE LOS FLECTORES**



Fuente: Propio de los autores

$$\Rightarrow D_1 / 5 < B < D_1$$

LADO DE LA CORAZA	LADO DE LOS TUBOS
<ul style="list-style-type: none"> • $D_1 = 7.63/64''$. • Espaciado de deflectores = 4''. • Paso = 1. • $N + 1 = \frac{12 \times L}{B} = \frac{12 \times 1.66}{4} = 4$ deflectores 	<ul style="list-style-type: none"> • $N^\circ = 36$ • longitud = 1.66''. • $D_E = 3/4''$. • BWG = 18. • Paso = 15/16'' en triángulo. • Paso = 1.

5.1.9 Memoria de cálculo de la soldadura en las uniones soldadas

- El tipo y proceso de soldeo en general, será efectuado únicamente por soldadores Calificados, de acuerdo a lo estipulado en la Sección IX del código ASME.
- Tipo de soldadura: Soldadura por arco.
- Proceso de soldadura: FCAW.
- Consumible de soldadura (nombre comercial): Alambre Tubular (FCAW-G).
- Electrodo (nombre técnico): AWS A-5.20 / ASME SFA-5.20, clase ER-71T-1M/9M.
- Tipo de junta: A tope en "V" [espesor del material base (plancha):

5mm \leq t \leq 15mm], penetración profunda y completa.

- Eficiencia de la junta: 0.85 circunferencial y 0.85 longitudinal.
- Se sabe que los esfuerzos permisibles en uniones soldadas, se toma igual al del metal base, para elementos sometidos a esfuerzos de compresión normal al cordón soldado a tope, que es lo que sucede la mayor parte de las uniones soldadas mencionada anteriormente.

➤ Clasificación del material de aporte ER-71T-1M, según AWS A5.20:

- ER : Electrodo continuo.
- 7 : $7 * 10 \text{ Kpsi} = 70,000 \text{ Lb/in}^2$.
- 1 : Todas las posiciones.
- T : Alambre tubular.
- 1M : Capacidad de uso y características de operación del alambre de aporte \Rightarrow Electrodo para soldar aceros al carbono.
- M : Designación de composición química.

➤ **Datos:**

- $F = 120.75 \text{ KG} = 265.65 \text{ Lb}$
- Para un electrodo: E – 6011 $\Rightarrow S_w = 9600 \text{ psi}$
- Tamaño del cordón de soldadura “W”, según código AWS.
- $F = \text{carga de corte directa} = 265.65 \text{ libra}$
- $L_w = \text{longitud de cordón de soldadura} = 4.934 \text{ pulg}$

➤ **Cálculos:**

$$f_w = \frac{F}{L_w} = \frac{265.65 \text{ lib}}{4.93 \text{ pulg}} = 53.81 \text{ lib/pulg}$$

$$W = \frac{f_w}{S_w} = \frac{53.81 \text{ Lib/pulg}}{9600 \text{ Lib}} = 0.0056 \text{ pulg}$$

➤ **Nota:**

- Según el tamaño mínimo de cordón de filete, no debe de exceder del espesor de la plancha más delgada.
- Aplicando las buenas prácticas de la ingeniería; no es aplicable este tamaño de cordón, por ello se utilizó un cordón de soldadura: $W = 1/8''$.

5.1.10 Análisis del suelo:

Antes de construir una cimentación, ya sea para máquinas muy pesadas y grandes, es necesario realizar una investigación ya que de acuerdo a la calidad del suelo se decide el tipo de una cimentación que absorba las vibraciones que se producen debido a la existencia de fuerzas de inercia no equilibradas en el motor y de los correspondientes momentos resultantes. Colocarse sobre una capa de hormigón armado lo suficientemente ancha y gruesa para los casos en que no se encontrase suelo resistente sino hasta una gran oportunidad.

Recomendándose además que dicha resistencia sea de 1 Kg/cm², según un estudio que se llevó el año 1974 de mecánica de suelos por encargo del Consejo Nacional de la Universidad Peruana

(CONUP) de entonces.

Destacándose por ser de interés para el proyecto lo siguiente:

- a) La zona donde actualmente se encuentran ubicados los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Mecánica, existe “suelo hormigón” entre los 2.50 y 4.00 m.
- b) No existe Napa Freática, de acuerdo a exploraciones efectuadas hasta los 13.5 m.
- c) Se recomendó que la mínima profundidad de cimentación contados a partir de la superficie libre del terreno de 1.50 m
- d) La presión de trabajo, presión de diseño o presión admisible del subsuelo de cimentación a la profundidad de 1.50 m fuera de 1 Kg/ cm².
- e) De modo que los elementos cimientos, deben ser diseñados de modo que la presión de contacto sea inferior o cuando menos igual a la presión de diseño, ($\sigma_{adm} = 1Kg /cm^2$)

5.1.11 Cimentación de la unidad de instrucción experimental

- a) Consideración que el banco de pruebas, actúa como una sola unidad sobre el cemento.
- b) Peso del banco de pruebas = 1032 Kg.
- c) Actúa sobre un área: 1.00m x 1.80m = 1.80m²
- d) Siendo la carga de: 1032/ 1.8 = 573 Kg/m²
- e) Resistencia del concreto a los 28 días = 3000 Lb/pulg²
- f) σ diseño del suelo = 1 Kg/cm²

g) Peso específico del concreto = 2400 Kg/m³

h) Peso del banco de pruebas: Kg. = W_{vie}

i) **Peso de la losa**

$$\Rightarrow W_{losa} = \gamma_{losa} \times V_{concreto}$$

$$W_{losa} = 2400 \frac{Kg}{m^3} (2 \times 1.2 \times 0.05) m^3 = 288 \text{ kg}$$

Considerando un 5% de sobre carga para absorber convenientemente

las vibraciones: $W_{BP} = 1032 \times 1.05 = 1083 \text{ Kg}$

Luego:

$$W_{UIE} + W_{losa} = (H_{cimiento}) (\gamma_c) (2 \times 1.2) m$$

$$1371 = H_{CI} \times 2400 \frac{Kg}{m^3} \times 2.4 m^2$$

$$\Rightarrow H_{CI} = \frac{1371}{5760} = 0.23 m$$

j) **Peso del cemento (W_{cimiento}):**

$$\Rightarrow W_{CI} = 2400 \frac{Kg}{m^3} \times 2 \times 1.2 \times 0.23 = 1324 \text{ Kg}$$

Se determina el esfuerzo admisible sobre el suelo (σ_{ad}) suelo:

$$\sigma_{ads} = \frac{W_{TOTAL}}{Area_{Cimiento}} = \frac{1032 + 288 + 1324}{2 \times 1.2} = 1101 \text{ kg/m}^2$$

$$\therefore 0.11 \text{ kg/cm}^2 < 1 \text{ kg/cm}^2$$

Esto es debido a que la carga de compresión es baja comparada con la resistencia del suelo.

k) **Dimensiones de la losa:**

- $L = \text{Longitud de la losa: } 2.00m$
- $A = \text{Ancho de la losa: } 1.2m$

- $h = \text{Altura de la loza: } 5 \text{ cm}$
- $W_L = \text{Peso de la loza: } 288 \text{ kg.}$

l) Dimensiones del Cimiento:

- $L = 2.00m$
- $A = 1.20m$
- $H = 23cm$
- $W_{ci} = 1324kg$

5.1.12 Montaje de los componentes del Banco de pruebas

A. Motor:

El motor debe ser instalado en lugares donde no haya material combustible, para evitar que los gases producto de la combustión no produzca incendios, debe estar amortiguada por dos soportes con jebe en la parte superior del soporte sujetado mediante pernos y unido a la viga transversal.

B. Intercambiador de calor:

La alimentación del agua al motor debe ser accionada por una bomba de agua y una válvula de termostato el cual debe aperturarse a la temperatura de salida del agua, para luego ser enfriado por intermedio de un intercambiador que estará ubicada a un costado del motor y sostenida por dos placas de media luna unida las vigas transversales mediante pernos.

C. Tanque de combustible:

El tanque está diseñado para almacenar 15 galones de combustible

(gasolina), provisto de un filtro de combustible en su interior e irá sujeto a la base por pernos hexagonales de 3/8" x 16 NC – 1 3/4".

D. Dinamómetro:

Su fijación a la base está dada por intermedio de pernos hexagonales de 7/16" 14NC – 1 3/4"; y alineada al motor por medio de acoples tipo junta Universal.

E. TUBERIA DE PURGA:

Una tubería de purga debe instalarse cerca al intercambiador para evitar daños posteriores.

F. CONEXIONES ELECTRICAS:

Las conexiones eléctricas deben ser instaladas de acuerdo a los códigos eléctricos de la localidad donde se instalan.

Todas las conexiones deben tener un sistema de protección para sobrecargas a fin de proteger al personal de la planta, tanto del motor como del dinamómetro.

G. SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE:

Las cañerías de combustible deben seleccionarse de acuerdo a lo recomendado por los fabricantes para asegurar una correcta succión y un funcionamiento del equipo.

Todas las líneas deben ser herméticas.

Se deben usar la menor cantidad posible de codos, uniones, válvulas, en el ensamblaje de la línea.

El más leve ingreso de aire, ocasionan arranques pobres,

ineficiente operación y combustión.

H. INSTRUMENTOS:

Los manómetros termómetros, rotámetros interruptores de encendido y demás contados irán en las planchas acrílicas sostenidos por elementos de unión.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De la exposición de resultados, podemos deducir que los resultados se encuentran dentro de un muy aceptable margen de error, ya que los valores obtenidos de los respectivos cálculos son reales, por lo tanto el gráfico de las curvas características será real y no ideal, por estar en contacto directo con los instrumentos u otros componentes. Por otro lado, cabe mencionar que un factor limitante fue lo restringido en cuanto a la adquisición de información técnica, proveedores y precios del freno dinamométrico hidráulico y algunos equipamientos especializados, dentro del mercado nacional.

6.1 Contrastación de la Hipótesis con los resultados

Diseñando un Banco de pruebas mediante cálculos de diseño y selección de componentes e instrumentos de medición y control, entonces si se podrá examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME – UNAC.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Dentro del marco de la investigación del ing. Esteban Antonio Gutiérrez Hervias, del ing. Juan Carlos Goñi Delión y del Banco de ensayo en MCI del Laboratorio de Energía de la PUCP; podemos aseverar que si es viable la siguiente investigación.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

Entre las conclusiones más importantes a destacar, cumplirán con los objetivos planteados en la presente investigación:

- i.* Se logró diseñar un Banco de pruebas económico, montable, desmontable, seguro y confiable; de 1.00 m de ancho por 1.60 m de largo y de 1.70 m de altura. El mismo que permitirá simular el comportamiento real de un MCI con sistema dual, para la contrastación de parámetros de performance efectivos y analizar la tendencia de sus curvas características fundamentales a regímenes de operación variable.
- ii.* Se consiguió seleccionar el freno dinamométrico hidráulico en función de la potencia y revoluciones del eje de cigüeñal del MCI de prueba.
- iii.* Se optó por seleccionar los componentes e instrumentos de medición y control, teniendo en cuenta los parámetros de las características técnicas y las condiciones de trabajo del MCI de prueba (ubicación geográfica del Callao).
- iv.* Se llegó a diseñar una adecuada estructura del Banco considerando una distribución uniforme de los pesos y ubicación ergonómica de todos sus componentes, para su asequible operación y toma de datos de los instrumentos de medición y control; los cuales se encontrarán situados en el tablero de mando y control; con el fin de que interactúen varios alumnos sin tener que interrumpirse o incomodarse entre ellos al momento de manipular los controles de gobierno del MCI y del dinamómetro.

CAPÍTULO VIII

RECOMENDACIONES

- Para que el Banco sea económico, seguro, confiable y de larga vida útil; tanto los materiales como los componentes e instrumentos de medición y control; deben ser originales, de marcas reconocidas y comprados en tiendas confiables y de buena reputación, bajo el asesoramiento de un especialista.
- Designar al personal idóneo para la fabricación, montaje, desmontaje, operación y mantenimiento del Banco.
- Todas las uniones roscadas deben ser teflonadas, pintadas o engrasadas; con la finalidad de permitir un fácil montaje y desmontaje para su mantenimiento.
- Considerar que un factor limitante es lo restringido en cuanto a la adquisición de información técnica, proveedores y precios del freno dinamométrico hidráulico y algunos equipamientos especializados, dentro del mercado nacional; para ello se deberá tomar las precauciones respectivas del caso.
- Tener en cuenta que el presente diseño del banco de pruebas, también se encuentra enfocado para su utilización en el desarrollo de métodos de control de emisiones, mediante un balance energético del motor; para ello, se deberá implementar con equipos y/o accesorios para dicho fin, como por ejemplo: Analizador de gases entre otros.
- Para poder llevar a cabo las experiencias a condiciones de laboratorio, se anexa una guía de laboratorio para la tabulación de datos y resultados⁵⁵.

⁵⁵ Véase el anexo N° X, en la pág. 223.

CAPÍTULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEJOS ZELAYA, Jorge Luis, FLORES SÁNCHEZ, Jaime G. y PALOMINO CORREA, Juan Manuel. **I ciclo de tesis**. FIME – UNAC. Mayo 2014.
- BEER & JOHNSTON y Otros. **Mecánica de materiales**. México, D.F. Edit. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. 6ª ed. 2013.
- BILLIET, Walter. **Entretimiento y reparación de motores de automóvil**. Barcelona. Ed. Reverté de España, S.A. 1ª ed. 1979.
- CASADO MÁRQUEZ, J. Martín. **Estática**. FIME – UNAC.
- CENGEL, Yunes A. y BOLES, M. A. **Termodinámica**. México, D.F. Edit. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. 7ª ed. 2012.
- CROUSE, William H. **Equipo eléctrico y electrónico del automóvil**. España. Ed. Marcombo S.A. 6ª ed. 1991.
- ESPINOZA MONTES, Ciro. **Metodología de investigación tecnológica**. Huancayo. Edit. Soluciones Gráficas S.A.C. 2ª ed. 2014.
- GERE, J. M. y TIMOSHENKO, S. P. **Mecánica de Materiales**. México, D.F. Edit. International Thomson Editores S.A. 4ª ed. 1998.
- GOÑI DELIÓN, Juan C. **Diseño de un banco de pruebas de un motor a gasolina con fines académicos**. Tesis de Titulación. Lima. UNI, Programa Académico de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. 1982.
- GUTIÉRREZ HERVIAS, Esteban A. **Cálculo, selección y montaje de los componentes de un banco de instrucción experimental para un motor diésel de 100 hp a régimen variable**. Informe de Tesis de Titulación. Callao.

UNAC, Facultad de Ingeniería Mecánica - Energía. 2005.

- HIBBELER, Russell C. **Mecánica de materiales**. México, D.F. Edit. Pearson Educación S.A. 8ª ed. 2011.
- HIBBELER, Russell C. **Análisis estructural**. México, D.F. Ed. Pearson Educación S.A. 8ª ed. 2012.
- INCROPERA, Frank P. **Fundamentos de transferencia de calor**. México, D.F. Edit. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 4ª ed. 1999.
- JOVAJ & MASLOV. **Motores de automóvil**. Moscú. Ed. Mir. 1ª ed. 1982.
- MARKS, Lionel Simeón. **Manual del ingeniero mecánico**. New York. Edit. McGraw-Hill Companies, Inc., United States. 10ª ed. 1996.
- MATAIX, Claudio. **Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas**. Madrid. Edit. del Castillo S.A. 2ª ed. 1993.
- MEGYESY, Eugene F. **Manual de recipientes a presión**. México, D.F. Ed. Limusa S.A. 7ª ed. 1992.
- McCORMAC & CSERNAK. **Diseño de estructuras de acero**. México, D.F. Alfaomega Grupo Editor S.A. 5ª ed. 2012.
- MOTT, Robert. **Diseño de elementos de máquinas**. México, D.F. Edit. Pearson education S.A. 4ª ed. 2006.
- MUÑOZ R, Carlos. **Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis**. México, D.F. Edit. Pearson Educación S.A. 2ª ed. 2011.
- NORTON, Robert L. **Diseño de máquinas**. México, D.F. Edit. Pearson Educación S.A. 4ª ed. 2011.
- PANTA OLAYA, Juan E., ALMANZA C., David C. y ESCOBAR N. Max.

- Diseño económico de un banco de prueba de freno Prony de instrucción experimental.** *XVIII CONEIMERA Puno 2011*. Vol. (18): 1@18. Octubre.
- PUCP, FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA, SECCIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA. **Laboratorio de energía, banco de ensayo en MCI.** Website: http://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/index.php?option=com_detalle&task=view7&secc=104&espec=5&Itemid=126. Art. web. Consultada el 28 de julio del 2014. jtamash@pucp.edu.pe / ebarran@pucp.edu.pe.
 - REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Website: <http://www.rae.es/>.
 - SHAMES, Irving H. **Mecánica de fluidos.** Santafé de Bogotá. Ed. Mc Graw-Hill / Interamericana Editores de Colombia, S.A. 3ª ed. 1995.
 - SHIGLEY, Joseph E. **Diseño en ingeniería mecánica.** México, D.F. Edit. McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. 9ª Ed. 2011.
 - UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO. **Escuela universitaria politécnica de San Sebastián, Lab. del depto de máquinas y motores térmicos, banco de ensayo de motores.** Website: <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/bancomot.htm>. Artículo web. Consultada el 28 de julio del 2014. webmaster@ehu.es.
 - WIKIPEDIA. Website: <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>.
 - WORDREFERENCE.COM. Website: <http://www.wordreference.com/es/>.

ANEXOS

ANEXO N° I

MATRIZ DE CONSISTENCIA

**“DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBAS
PARA EXAMINAR PARÁMETROS DE
PERFORMANCE EFECTIVOS DE UN MOTOR
DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 40 HP CON
SISTEMA DUAL A RÉGIMEN VARIABLE.
INSTITUTO DE MCI – FIME – UNAC”**

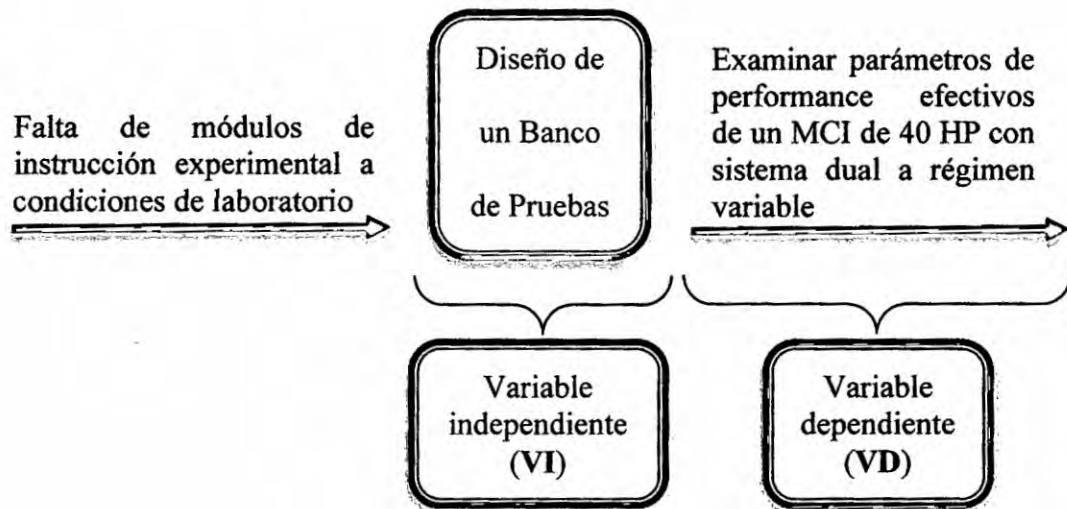
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN
Problema General	Objetivo general	Hipótesis General	Tipo y Nivel	Población
<p>¿Cómo diseñar un Banco de pruebas que permita examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC?</p>	<p>Diseñar un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control para examinar parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.</p>	<p>Si se diseña un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control, entonces se podrá examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.</p>	<p>Investigación de tipo Tecnológica de nivel Aplicada, de Diseño o de Innovación, porque busca solucionar los diferentes problemas que benefician a la sociedad, buscando eficiencia y productividad.</p>	<p>La población está constituida por la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía FIME, de la Universidad Nacional de Callao UNAC.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Método	Muestra
<p>¿Qué se debe considerar para seleccionar el freno dinámico?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el freno dinámico, en función del MCI de prueba. 	<ul style="list-style-type: none"> Si tenemos en cuenta los 40 HP de potencia y las revoluciones del eje del cigüeñal del MCI de prueba, entonces se podrá seleccionar el freno dinámico hidráulico. 	<p>Método Sistémico, porque estudia como un todo al objeto de investigación para comprender las partes y viceversa.</p>	<p>Como muestra se tomó a Instituto de motores de combustión interna - IMC de la FIME - UNAC.</p>
<p>¿Cuáles son los parámetros a considerar para seleccionar los componentes e instrumentos de medición y control?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Seleccionar los componentes e instrumentos de medición y control, considerando los parámetros de las características técnicas del MCI de prueba y la ubicación geográfica del lugar de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> Si se considera los parámetros de las características técnicas del MCI de prueba y la ubicación geográfica del lugar de operación, entonces se podrá optar por adecuados accesorios e instrumentos de medición y control. 	<p>Diseño de Aplicación o de Soluciones, porque tiene como propósito transformar los conocimientos o modelos existentes en objetos útiles a la sociedad.</p>	
<p>¿Qué se debe tener en cuenta al diseñar el Banco de pruebas para una accesible operación y toma de datos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar la estructura del Banco teniendo en cuenta una distribución uniforme de los pesos y ubicación ergonómica de sus componentes, para su accesible operación y toma de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> Si diseñamos la estructura del Banco de Pruebas teniendo en cuenta una distribución uniforme de los pesos y ubicación ergonómica de sus componentes, cumpliendo estrictamente con la normatividad nacional e internacional vigente, entonces se podrá realizar una accesible operación y toma de datos. 	<p>Técnicas e Instrumentos Técnica Documental en la recopilación cuantitativa y cualitativa de información, utilizando Instrumentos como ficha bibliográfica, hemerográfica, videográfica, cibergráfica, ficha de trabajo, registros de sistemas de gestión, etcétera.</p>	

ANEXO N° II
CAJA NEGRA

2.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

2.1.1 Modelo de la caja negra



2.1.2 Formulación del problema

A. Matriz de consistencia de formulación del Problema General

Interrogante	VI	Relace	Verbo	VD	Definición
Cómo diseñar	Banco de pruebas	Que permita	Examinar	Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable	IMCI - FIME - UNAC

B. Lectura de la matriz:

¿Cómo diseñar un Banco de pruebas que permita examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC?

2.2. Objetivos de la investigación

2.2.1 Matriz de consistencia de formulación del Objetivo General

Propósito			Fines		
Verbo	VI	Medios	Verbo	VD	Delimitación
Diseñar	Banco de pruebas	Cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control	Examinar	Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable	IMCI - FIME - UNAC

2.2.2 Lectura de la matriz:

Diseñar un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control para examinar parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.

2.3. Hipótesis de la investigación

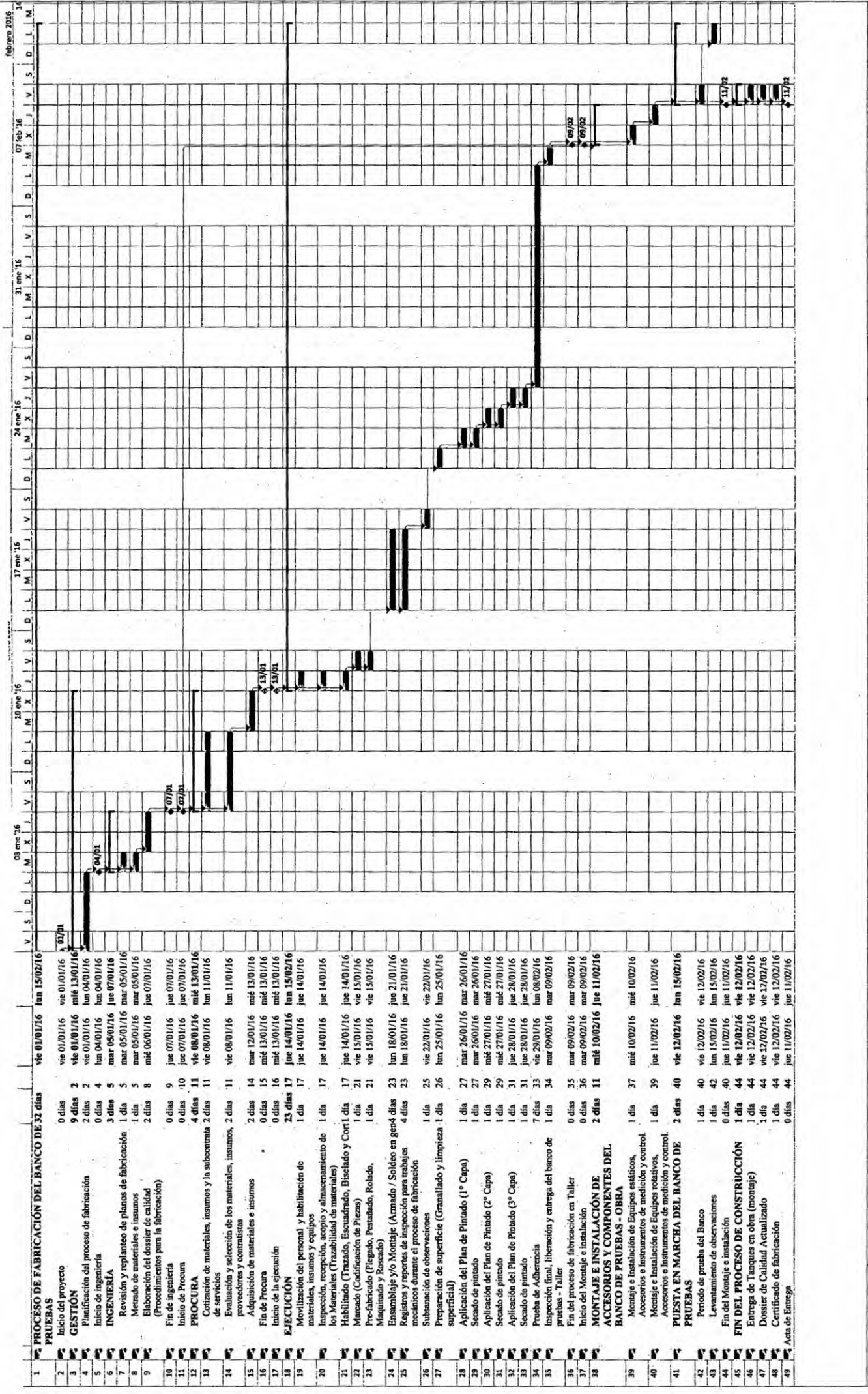
2.3.1 Matriz de consistencia de formulación de la Hipótesis General

Propósito			Fines		
Proceso Lógico	VI	Medios	Proceso Lógico	VD	Delimitación
Si	Banco de pruebas	Cálculos de diseño y selección de componentes e instrumentos de medición y control	Entonces	Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable	IMCI - FIME - UNAC

2.3.2 Lectura de la matriz:

Si se diseña un Banco de pruebas mediante cálculos y selección de componentes e instrumentos de medición y control, entonces se podrá examinar Parámetros de performance efectivos de un MCI de 40 HP con sistema dual a régimen variable para el IMCI - FIME - UNAC.

ANEXO N° III
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN



ANEXO N° IV

PLAN DE PRUEBAS E INSPECCIÓN PARA

TRABAJOS MECÁNICOS (PPI) /

INSPECTION AND TEST PLAN FOR

MECHANICAL WORKS (ITP)



CONTRATISTA

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
INTEGRATED SYSTEM OF QUALITY MANAGEMENTPLAN DE PRUEBAS E INSPECCIÓN PARA TRABAJOS MECÁNICOS (PPI) - TALLER - OBRA
INSPECTION AND TEST PLAN FOR MECHANICAL WORKS (ITP) - WORKSHOP - WORK

CLIENTE

Reg. N°: ITP N°: PPI-2015-04-001 Revisión: 01
Report / Reporte N°: 001 Fecha / Date: 01/01/2016 Página: 1 de 1

CONDICIÓN GENERAL:

ente: IMCI - FIME - UNAC Contrato / Contract No.: 001-2015
 objeto: Banco de Pruebas - IMCI - FIME - UNAC Lugar de Inspección: Ciudad Universitaria, Av Juan Pablo II 306, Bellavista
 Cusco / Fabricación: Pre-fabricación - Fabricación - Montajes e Instalación de Componentes del Banco de Pruebas Calleo

DADES E INSPECCIONES EN TALLER: PRE-FABRICACIÓN - FABRICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS

Actividad N°	Descripción - Etapa a Inspeccionar	Alcance de la Inspección / Frecuencia de la Inspección	Criterio de Aceptación (Standard) / Documentos de Referencia	Instrumento de medición y control	Punto de Inspección FIME	Punto de Inspección UNAC	Punto de Inspección Supervisión
1 ACTIVIDADES GENERALES							
1.1	Revisión de documentación contractual	100%	Especificaciones técnicas del cliente	Inspección Visual	R		
1.2	Planeamiento y control a. Cronograma de Actividades.	100%			R		
1.3	Ingeniería a. Planos de pre-fabricación y fabricación.	100%			Lectura de planos	R	
1.4	Documentación a. Protocolo de Procedimiento de Construcción. b. Especificación de procedimiento de soldadura (WPS) c. Registro de calificación del procedimiento de soldadura (PQR). d. Registro de calificación de soldadores y operarios (WPQ).	100%	* API 650 11va Ed. * AWS D1.1. * ASME SECC. IX - 2013.	Inspección Visual	H		
					H		
					H		
					H		
2 INSPECCIÓN, RECEPCIÓN, ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES							
2.1	Recepción, acopio y almacenamiento de los Materiales de fabricación a. Control Dimensional.	100%	* Según normas ASTM (A36 / A6 / A6M / A20 / A53 Gr. B / A325 según sea el caso). * Hardox AR-500. * SSPC VIS 1, 2 Grado A, B. * Según normas AWS (A5.1 / A5.5 / A5.17 / A5.20 según sea el caso).	*Cinta métrica. *Ecuadra. *Vernier.	W		
2.2	Trazabilidad de materiales a. Revisión de certificados de calidad de Materiales.	100%	* Tolerancia admitida en certificados (ASME SECC. II). * ISO 9001:2008. * ASME B31.3.	Inspección Visual	R		
3 PROCESO DE FABRICACIÓN EN TALLER							
3.1	Habilitado a. Trazado, Escuadrado, Biselado y Corte.	100%	*Especificaciones técnicas del cliente. *Procedimiento de fabricación FIME - UNAC.	*Cinta métrica. *Ecuadra. *Vernier.	W		
3.2	Marcado a. Codificación de Piezas.	100%	*Planos de fabricación FIME - UNAC. *Según ISO 13920.	*Nivel. *Plomada. *Marcador de metal.			
3.3	Pre-fabricado a. Plegado, Pestañado y Rolado b. Maquinado de piezas. c. Roscado (spool 's).	100%					
4 ENSAMBLAJE Y/O MONTAJE							
4.1	Armado a. Armado (fit up) de las Juntas, virolas, accesorios.	100%	Especificaciones técnicas del cliente	Inspección Visual	W		
4.2	Soldadura a. Soldaduras Provisionales (Apuntalado).	100%	*ASME sección V, artículo 6 (Secc. 8.4 del API 650 11th). *Según AWS D1.1 - Capítulo VI: *Tabla 6.1 Criterios de Aceptación por Inspección Visual. *Figura 5.4 Perfiles de soldadura Aceptados y No Aceptados.				
	b. Soldeo en General. c. Reparación de Soldaduras.						
5 CONTROL DIMENSIONAL							
5.1	a. Dimensionamiento de las planchas, tubos cuadrados y spool 's.	100% Antes, durante y después del soldeo general	*Planos de fabricación. *ASME IX. *ASME Sección VIII, División 1 - Parte UG. *ASME B31.3. *NACE RP 0490.	*Cinta métrica. *Ecuadra. *Vernier. *Nivel. *Plomada	W		
6 REGISTROS Y REPORTES DE INSPECCIÓN PARA TRABAJOS MECÁNICOS DURANTE EL PROCESO DE FABRICACIÓN							
6.1	Reporte diario del proceso de Soldeo. a. Inspección Visual de Soldadura (VT).	100%	*Norma UL-142. *ASME VIII. *ASME B31.3.	*Cetga. *Vernier. *Micrómetro. *Marcador de metal.	W		
6.2	Protocolo de ensayos no destructivos (END) / Non destructive testing (NDT) a. Líquidos Penetrantes (PT). b. Radiografía (RT). c. Partículas Magnéticas (MT).	100% al exterior e interior de las uniones soldadas. Juntas a tope en todos los cruces horizontales y verticales de las paredes del Tk.	*Norma UL-142. *ASME V. *ASME VIII. *ASME B31.3.	*Inspección Visual. *Cronómetro.	W		
		100% de las juntas.			H		
6.3	Protocolo de pruebas no destructivas (PND) de hermeticidad a. Prueba Neumática al Tk.	100%	*Especificaciones técnicas del cliente. *Procedimiento de fabricación FIME - UNAC. *Norma UL-142.	*Manómetros. *Válvulas. *Compresor. *Tapón macho. *Solución jabonosa.	H		
TRATAMIENTO SUPERFICIAL							
7.1	Preparación Superficial a. Granallado.	100%	*Standard VIS-1 - 89. *ASTM D4417 - Medición del Perfil de Superficie y Anclaje. *Norma SSPC-SP5 (Limpieza con chorro al metal blanco) / NACE N° 1 (óptimo). *Según estándar SSPC y cartilla VIS-1.	*Medidor de espesores de revestimientos. *Paicrómetro. *Micrómetro. *Pirómetro.	W		
7.2	Protección Anticorrosiva a. Aplicación del Plan de Pintado.	100%	*ASTM E337 - Medición de condición ambiental con psicrómetro. *ASTM D4417.	*Medidor de adherencia. *Cinta masking tape.	W		
INSPECCIÓN FINAL, LIBERACIÓN Y ENTREGA DEL BANCO DE PRUEBAS - TALLER							
8.1	Dossier de Calidad a. Emisión y entrega del Dossier de Calidad - Taller.	100%	*Especificaciones técnicas del cliente. *Procedimiento de fabricación FIME - UNAC.	Inspección Visual	H		
8.2	Acta de entrega a. Certificado de Fabricación de Tanques.	100%	Especificaciones técnicas del cliente		H		

DADES E INSPECCIONES EN OBRA: MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS Y COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

	Actividad	Alcance de la Inspección / Frecuencia de la Inspección	Criterio de Aceptación (Standar) / Documentos de Referencia	Instrumento de medición y control	Punto de Inspección FIME	Punto de Inspección UNAC	Punto de Inspección Supervisión
1	APROBACIÓN DE PLANOS						
1.1	Sistema de montaje e instalación.	100%	Especificaciones técnicas del cliente	Inspección Visual	R		
2	INSPECCIÓN, RECEPCIÓN, ACOPIO Y ALMACENAMIENTO DE ACCESORIOS Y COMPONENTES						
2.1	Inspección, recepción, acopio y almacenamiento de Componentes, Accesorios e instrumentos de medición y control, etc...	100%	Normas ASTM A-6 / ASME B31.3 / ANSI	Inspección Visual	W		
2.2	Revisión de certificados de Calidad y de Calibración.	100%	Tolerancia admitida en certificados		R		
3	MONTAJE E INSTALACIÓN DE ACCESORIOS Y COMPONENTES DEL BANCO						
3.1	Montaje e Instalación de Equipos estáticos, Accesorios e Instrumentos de medición y control, etc...	100%	ASME B18.16.1M-79 / Procedimiento de montaje e instalación FIME - UNAC	Estación total, Cinta métrica, Escuadra, Vernier, Nivel, Plomada, Torquímetro	W		
3.2	Montaje e Instalación de Equipos rotativos, Accesorios e Instrumentos de medición y control, etc...	100%	ASME B18.16.1M-79 / Procedimiento de montaje e instalación FIME - UNAC	Reloj comparador, Escuadra, Nivel	W		
4	RESANE DE PINTURA EN OBRA						
4.1	Resane y Pintado de Tanques y Tuberías	100%	Norma SSPC-SP5 / NACE	Medidor de espesores de revestimientos	H		
5	REVISIÓN DEL DOSSIER DE CALIDAD - OBRA						
4.1	Avance del Dossier de Calidad	100%	Especificaciones técnicas del cliente	Inspección Visual	H		
6	INSPECCIÓN FINAL Y LIBERACIÓN DEL MONTAJE E INSTALACIÓN - OBRA						
6.1	Montaje e Instalación del Proyecto	100%	Especificaciones técnicas del cliente / Procedimiento de montaje e instalación FIME UNAC	Inspección Visual, Cinta métrica	H		
7	ENTREGA DEL DOSSIER DE CALIDAD - OBRA						
7.1	Dossier del Proyecto	100%	Especificaciones Técnicas del Cliente / Original + 3 Copias (Cada Dossier con su respectivo contenido en digital - CD)	Inspección Visual	H		
8	ACTA DE ENTREGA Y LIBERACIÓN EN OBRA						
8.1	Conformidad de Acta	100%	Especificaciones técnicas del cliente	Inspección Visual	H		

ES:	V.º B.º QA/QC - FIME
Review (Revisión de Documentos)	Nombre (Name):
Int (Punto de Presencia)	Firma (Signature):
(Punto de Retención)	Fecha (Date):

OR (Approved by):		
V.º B.º QA/QC - UNAC	V.º B.º QA/QC - CONSORCIO SUPERVISIÓN	V.º B.º CONSORCIO SUPERVISIÓN
Nombre (Name):	Nombre (Name):	Nombre (Name):
Firma (Signature):	Firma (Signature):	Firma (Signature):
Fecha (Date):	Fecha (Date):	Fecha (Date):

ANEXO N° V

PLAN DE MANTENIMIENTO

El ciclo de vida útil de los componentes e instalaciones del Banco, se inicia desde el uso de su servicio para el que fueron diseñados hasta, la disminución considerable de los límites de sus parámetros de operación; pero si se desea optimizar su vida útil y maximizar la productividad (máxima disponibilidad y confiabilidad) y reducir altos costos indirectos, se debe de llevar un minucioso y concienzudo mantenimiento de manera periódica y rutinariamente:

5.1. Finalidad del mantenimiento:

- A. Proporciona un valor agregado al producto, manteniendo operable los equipos e instalaciones y restablecerlos a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima calidad y productividad.

5.2. Objetivos del mantenimiento:

- A. Garantizar y maximizar la productividad (máxima disponibilidad y confiabilidad) de los equipos e instalaciones.
- B. Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.

5.3. Mantenimiento del MCI:

A. Componentes del MCI⁵⁶.

- B. Plan de mantenimiento del MCI.-** La base fundamental de un correcto mantenimiento, es el riguroso control del sistema de combustible, refrigeración y lubricación, esto evitará las paradas y posteriores reparaciones costosas, que a la final alargará la vida útil del motor y resultara más económica.

⁵⁶ Véase la hoja técnica del fabricante, en el catálogo N° 8.1, del anexo VIII, en la pág 205.

PLAN DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS

ITEMS		SERVICIO PERIÓDICO (H)								
		D	5	2	5	1	2	4	6	
OBJETO	ACCESORIOS y/o COMPONENTES	0	0	0	0	0	0	0	0	
MCI	Sistema de carga y arranque (Sistema eléctrico)	Comprobar las lámparas de advertencia	C							
		Verificar el nivel del electrolito de la batería		C						
		Verificar conexiones de batería	C							
		Comprobar la tensión de la faja de distribución		C		C		C	R	
		Cambiar fajas						C		
		Arranque del motor (ver notas)	C							
		Control de alternador y arrancador						C	C	
		Cables de alta tensión		C	C	R	C	C	R	
		Control de conectores eléctricos	C							
		Tapa de distribución y rotor		C	C	R	C	C	R	
		Correa del alternador, A/C		C		C		C	R	
		Bujías	C			R	R	R	R	
	Sistema de alimentación de aire	Limpiar el depósito del filtro de aire		C						
		Verificar el filtro de aire (con un filtro de aire saturado acortamos vida útil del motor)	C							
		Cambiar elemento de filtro de aire					R	R		
		Comprobar fugas de aire en el múltiple de admisión	C							
	Sistema de alimentación de combustible	Verificar el nivel del combustible y rellenar	C							
		Drenar el agua del tanque de combustible	C							
		Drenar el agua del filtro de combustible y del filtro separador de agua	C							
		Reemplazar el elemento del filtro de combustible				R	R	R		
		Verificar sistema de inyección						C	C	
		Control de líneas de combustibles	C							
		Limpieza de Carburador			C					
	Sistema de lubricación	Comprobar la presión de aceite	C							
		Verificar el nivel de aceite y rellenar (Cárter)	C						R	
		Drenar el filtro de aceite			C					
		Cambiar el elemento del filtro de aceite (elemento filtrante)		R				R	R	
				R						
		Limpieza del enfriador de aceite							C	
	Cambio de aceite - Motor (cárter)		C			C	C			

- Someter a carga al motor por un periodo de 15 minutos después del arranque, para que tome su temperatura normal de operación.
- Los límites normales de temperatura del líquido refrigerante del motor varía entre 82 @ 94 °C. Si sobrepasa los 99 °C, parar el motor y verificar la falla.
- La presión normal del aceite lubricante a una velocidad nominal constante, varía entre 40 @ 70 psi y la temperatura normal del aceite es de 105 °C.
- Nunca se debe de desconectar la batería ni ningún cable a menos que el motor se encuentre parado y nunca se debe conectar una batería al sistema sin antes comprobar que el volante y la polaridad sean los correctos, una inversión de la polaridad pudiera deteriorar el relay del alternador.
- Al realizar los trabajos de soldadura junto al motor, se debe de desconectar la batería.
- Se recomienda una reparación completa (overhaul) a las 12000 H de operación del motor, esto dependerá del cuidado a que sea sometido el motor siguiendo las pautas antes mencionadas.

➤ **⓪:**

- No votar ni derramar aceites y/o combustibles al suelo. **¡CONTAMINA!**

➤ **Mtto diario:** Hágase una completa inspección de la sala de la ubicación del motor y dinamómetro, revise las tuberías y válvulas para observar la presencia de fugas, obsérvese si algún elemento (componente) del motor funcionan de manera normal (válvulas, fajas, bomba de agua, etc.)

- Verificar la lubricación del motor, su nivel y el manómetro de presión de aceite.

- Verificar la lubricación del motor, su nivel y el manómetro de presión de aceite.
- Verificar el nivel del agua de refrigeración en el radiador.
- Verificar el estado del electrolito en la batería (acumulador de energía).

➤ **Mtto mensual:**

- Limpiar con cuidado el polvo de los controles eléctricos y revisar los contactos de los arrancadores.
- Limpiar los filtros de combustible y de aceite con la frecuencia que exijan las condiciones (cambiarlos de ser necesario).
- Agregar anti-oxidantes al agua del intercambiador de calor para evitar la formación de caliche.
- Limpiar el tk de combustible, lave posteriormente, comprobar el buen funcionamiento de la válvula flotadora.
- Revisar los tornillos de anclaje del motor,
- Verificar el estado de funcionamiento del arrancador.
- Revisar la tensión de la faja, los coples, ajustar de ser necesario.

➤ **Mtto semestral:**

- Desmontar y limpiar las bujías, cambiar de ser necesario.
- Revisar las empaquetaduras del cárter, bomba de agua, culata, etc.
- Realizar una calibración de las válvulas del motor.
- Realizar un lavado interno del motor aplicando presión de agua.
- Después del lavado del motor, examine las superficies para ver si hay picaduras, fisuras.

➤ **Mtto anual:**

- Revisar el carburador (regular el caudal y presión del combustible).
- El programa de mantenimiento anual incluye los puntos del chequeo del programa de mantenimiento semestral.
- Cambiar las empaquetaduras (cárter, culata, tapa de balancines).
- Revisar los motores eléctricos y realizar mantenimiento con personal entrenado.
- Revisión y mantenimiento del sistema de alimentación y combustible por técnico autorizado.

C. Procedimiento del mantenimiento del MCI

a. Sistema de carga y arranque (Sistema eléctrico):

- **Sistema de carga:** Alternador, regulador de voltaje, batería, cableado, indicadores de carga (amperímetro, voltímetro, luz indicadora).
 - Ajuste de tensión de la faja de transmisión del alternador:
 - ◆ Inspeccionar la faja en cuanto a tensión, abrillantamiento, grietas u otros daños y, reemplazar de ser necesario.
 - ◆ Presione la faja en su parte central con el dedo y mida la deflexión. Si el valor medido no se encuentra dentro del límite, afloje el perno de ajuste del alternador, ajuste la faja jalando el alternador.
 - ◆ **NOTA:** Una faja no tensada correctamente va a ocasionar un mal funcionamiento del motor.
 - Inspeccione la batería y junto a sus cables, en cuanto a conexiones sueltas, terminales corroídos u otros daños, compruebe el estado de

carga de la batería.

- Inspeccione el alambrado del sistema de carga en busca de conexiones sueltas o corroídas y daños de aislamiento, compruebe que las conexiones estén apretadas jalando suavemente los cables.
- Con el motor trabajando descubra averías a partir del sonido.
- Pruebe la producción de energía del alternador.
- Pruebe el regulador de voltaje.
- Dar el respectivo mantenimiento al alternador.

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE CARGA		
AVERÍAS Y/O PROBLEMAS	CAUSAS	MTTO CORRECTIVO
Acumulador con baja carga o descarga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Faja del alternador floja o desgastada. 2. Acumulador defectuoso que no mantiene la carga, nivel de electrolito bajo. 3. Demasiada resistencia debido a conexiones flojas. 4. Defectuoso el regulador de voltaje. 5. Alternador defectuoso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compruebe y ajuste la tensión de la faja. 2. Revise la condición del acumulador y arréglo. Revise, llene y cargue. 3. Revise, limpie y apriete las conexiones del circuito. 4. Revíselo o cámbielo, de ser necesario. 5. Revíselo y arréglo o cámbielo, de ser necesario.
Alternador cargando demasiado (La batería se sobrecalienta)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acumulador defectuoso. 2. Regulador de voltaje averiado. 3. Alternador defectuoso. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revise el acumulador. 2. Revíselo o cámbielo, de ser necesario. 3. Repárelo o cámbielo, de ser necesario.
No hay salida en el alternador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rota la faja del alternador. 2. Conexión floja o cable roto en el sistema de carga. 3. Regulador de voltaje averiado. 4. Alternador averiado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambie y ténsela correctamente. 2. Revise el sistema, apriete las conexiones y arregle o cambie los cables defectuosos. 3. Revíselo o cámbielo, de ser necesario. 4. Repárelo o cámbielo, de ser necesario.

Acumulador hierve	1. Averiado el regulador de voltaje.	1. Repárelo o cámbielo, de ser necesario
Salida del alternador baja o intermitente	1. Se resbala la faja del alternado. 2. Conexión floja o rota en el sistema de carga. 3. Averiado el regulador de voltaje. 4. Averiado el alternador.	1. Revise y ajuste la tensión de la faja o cámbielo. 2. Revise el sistema, apriete las conexiones y cambie los cables defectuosos. 3. Repárelo o cámbielo, de ser necesario. 4. Repárelo o cámbielo, de ser necesario.

➤ **Precauciones al dar mantenimiento al sistema de carga:**

- Desconecte siempre el cable negativo de la batería antes de remover cualquiera de los componentes del sistema de carga.
- Respete siempre la polaridad de la batería al hacer conexiones. La inversión de la polaridad puede dañar componentes electrónicos.
- No conecte accidentalmente a tierra ningún componente del sistema eléctrico. La conexión a tierra de un terminal eléctrico puede causar daños.
- Siga las instrucciones del manual de servicio y del fabricante para realizar pruebas del sistema de carga.
- Nunca quite ninguno de los cables de la batería con el motor en funcionamiento.

➤ **Sistema de arranque:** Motor de arranque (arrancador), interruptor de arranque, baterías, cableado.

- Inspección preliminar: Verifique conexiones corroídas o sueltas, pruebe la batería para asegurarse que estén en buenas condiciones.
- Probar el interruptor de arranque.

- Probar el consumo de corriente.
- Probar solenoide del motor de arranque.
- Dar el respectivo mantenimiento al motor de arranque.

DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE ARRANQUE		
AVERÍAS Y/O PROBLEMAS	CAUSAS	MTTO CORRECTIVO
El motor no gira o el solenoide no acopla	1. Batería descargada. 2. No trabaja el interruptor de arranque o el solenoide. 3. Circuito de arranque abierto.	1. Revise la batería y cárguelo o cámbielo si es necesario. 2. Revise el circuito y arregle o cambie los componentes de ser necesario. 3. Revise las conexiones del circuito y repare o cambie el cableado defectuoso.
El motor no da vuelta pero el solenoide acopla	1. Motor trabado. 2. Batería descargada. 3. Conexión del motor de arranque defectuoso o las conexiones de las baterías flojas. 4. Motor de arranque averiado. 5. Quemados los contactos de solenoide.	1. Compruebe si el cigüeñal gira libremente. 2. Revise el acumulador, cargue o cámbielo de ser necesario. 3. Revise, limpie y apriete las conexiones 4. Revise, repare o cambie el motor de arranque. 5. Cambie el solenoide.
El motor de arranque (arrancador) gira, pero el motor no gira	1. Conjunto de transmisión de arranque averiado. 2. Palanca de solenoide o piñón averiado. 3. Cremallera de la volante averiado.	1. Revise, repare o cambie si es necesario. 2. Revise, repare o cambie de ser necesario. 3. Revise, repare o cambie si es necesario.
El motor gira lentamente	1. Acumulador descargado. 2. Demasiada resistencia en el circuito de arranque. 3. Motor de arranque averiado. 4. Motor trabado.	1. Revise las baterías y cárguelo o cambie de ser necesario. 2. Revise las conexiones del circuito y repare o cambie el alambrado defectuoso. 3. Revise, repare o cambie de ser necesario. 4. Investigue la causa y haga la reparación.

➤ **Precauciones al dar mantenimiento al sistema de arranque:**

- Siempre desconecte el terminal negativo de la batería antes de sacar el motor de arranque.
- No lave o sumerja componentes eléctricos en gasolina, petróleo u otros solventes no apropiados. Use solvente dieléctrico.

b. Sistema de alimentación de combustible:

➤ **Drenar el tanque de combustible.-** Aflojar la válvula de drenaje y drenar las sustancias extrañas y el agua acumulada en el fondo del Tk.

➤ **Drenaje del filtro de combustible:**

- Retirar el tapón de drenaje y drenar las sustancias extrañas y el agua acumulada en el filtro.
- Antes de instalar el tapón de drenaje, verifique si el anillo de dicho tapón se encuentra en buenas condiciones.
- **NOTA:** Si hay un pre-filtro, drenar éste tal y como se indicó anteriormente. Un pre-filtro prolonga la vida de la bomba de inyección y de los inyectores garantizando un buen funcionamiento del MCI.

➤ **Reemplazo del elemento del filtro de combustible:**

- Aflojar el perno central del filtro y remover la caja del elemento.
- Lavar la caja del filtro y cambiar el elemento por uno nuevo.
- Si la empaquetadura está desgastada o deteriorada, cambie ésta.
- Instale con seguridad la caja del filtro, resorte, anillo, elemento y perno central.

- Expulsar todo el aire del sistema de combustible.
 - **NOTA:** Después de la instalación asegúrese de que no hayan fugas de combustible para evitar el mal funcionamiento del motor.
- **Drenaje del separador de agua de combustible:**
- Remover el tapón de drenaje y drenar el agua y sustancias extrañas acumuladas en el separador de agua.
 - Instale el tapón de drenaje, pero antes verifique que su anillo se encuentre en buenas condiciones.
- **Limpeza del separador de agua de combustible:**
- Aflojar el perno central y desmontar la caja del separador y elemento.
 - Limpiar la caja y el elemento con solvente limpio y luego aplicar aire comprimido.
 - Inspeccione el elemento y cámbielo si está en mal estado.
 - Reemplace la empaquetadura si está averiada.
 - Instale con seguridad la caja, resorte, anillo, elemento y perno central.
 - Expulsar todo el aire del sistema de combustible.
 - **NOTA:** Después de la instalación del separador de agua, asegúrese de que no hayan fugas de combustible.
- **Purgado del sistema de combustible:**
- Aflojar el tornillo de purga del filtro de combustible que se encuentra ubicado en la parte superior del mismo y, operar la bomba de transferencia hasta que el aire sea expulsado completamente y fluya

sólo combustible a través del orificio de purga, entonces ajustar el tornillo de purga.

c. Sistema de lubricación:

➤ **Revisar el nivel de aceite del motor:**

- Revisar el nivel de aceite con la varilla indicadora.
- Si el nivel de aceite es bajo, retirar la tapa de llenado de aceite y agregar el aceite recomendado por el fabricante hasta el límite superior.
- **NOTA:** Nunca llene de aceite hasta exceder el límite superior. Si el volumen de aceite aumenta, es posible que el combustible se haya mezclado con el aceite debido a que el sistema de alimentación de combustible se encuentra en mal estado.

➤ **Drenar el filtro de aceite del motor:**

- Quitar el tapón de drenaje, instalado en el perno central del filtro y drenar el agua y sustancias extrañas acumuladas.
- Estar seguro que el anillo del tapón de drenaje se encuentre en buenas condiciones, entonces instálelo.

➤ **Cambio del elemento del filtro de aceite:**

- Retirar los tapones de drenaje y drenar el aceite del filtro.
- Aflojar el perno central y entonces desmontar la caja del filtro y el elemento.
- Lavar la caja del filtro.
- Reemplazar el elemento, asegúrese de que los orígenes estén en

buenas condiciones e instale el filtro.

- Instalar el tapón de drenaje.

➤ **Cambio de aceite del motor:**

- Esperar un periodo de 1 a 2 horas, después de haber apagado el motor y retirar la tapa de llenado de aceite.
- Drenar el aceite del cárter con ayuda de una bomba manual.
- Remover el tapón de drenaje del filtro y drenar el aceite.
- Llenar el cárter con la cantidad recomendada de aceite y cerrar tapa.

d. Culata:

➤ **Calibración de válvulas:**

- Remover la tapa de balancines.
- Remover la tapa de inspección de la volante.
- Girar la volante en la dirección normal de rotación con una palanca y alinear la marca “T” de la volante (el número de cilindros a calibrar) haciendo coincidir con el puntero fijo. Estar seguro de que el pistón esté en el Punto Muerto Superior en el tiempo de compresión.
- **NOTA:** Si el pistón se encuentra en el Punto Muerto Superior en el tiempo de Compresión, la válvula de admisión y escape están cerradas y los balancines están desajustados.
- Inspeccione la luz de válvulas con un calibrador de láminas.
- Para calibrar, aflojar la tuerca y ajustar el tornillo en forma gradual.
- Vuelva a inspeccionar la luz de válvulas.
- Repetir los pasos “3^{er}” y “6^o” para cada cilindro; finalmente instalar

la tapa de los balancines.

D. Localización de averías básicas del MCI

LOCALIZACIÓN DE AVERÍAS BÁSICAS	
PROBLEMA Y/O AVERÍA	SOLUCIONES
<p>1. El motor gira pero no arranca. 2. Cuesta arrancarlo o se apaga. 3. El motor funciona de forma irregular.</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar batería (conexiones sulfatadas o sin ajustes). *Revisar todo el sistema de combustible. *Revisar si hay obstrucciones en el sistema de escape. *Revisar filtros de combustible y aire. *Purgar el sistema de inyección. *Revisar funcionamiento de la bomba de transferencia. *Revisar tanque de combustible y válvulas de suministro. *Revisar obstrucciones en el sistema retorno combustible. *Revisar carburador y bujías.
<p>4. El motor no llega a la velocidad requerida. 5. El motor no desarrolla toda su potencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar cable y/o mando morse. *Revisar el régimen de velocidad. *Revisar sistema de combustible. *Revisar filtros de aire y combustible. *Revisar alguna obstrucción en el escape. *Revisar obstrucciones en el retorno de combustible. *Revisar nivel de combustible. *Revisar bomba de transferencia y/o sistema de inyección. *Revisar la transmisión. *Comprobar que el eje de la transmisión gire libremente.
<p>6. El motor tiene dificultad al arrancar y muestra humo blanco</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Comprobar combustible contaminado. *Verificar presencia de agua en el combustible.
<p>7. Exceso de humo por el escape</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar filtro de aire. *Revisar sistema de inyección (laboratorio).
<p>8. Exceso de humo por el escape a plena carga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar sistema de inyección. *Revisar las RPM del motor. *Revisar si existe una brusca caída de RPM con carga.
<p>9. Humo azulado en el escape</p>	<ul style="list-style-type: none"> *El motor está consumiendo aceite. *Revisar el nivel de aceite.

<p>10. Alta temperatura del motor</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar fajas de bomba de agua. *Purgar sistema de enfriamiento (Bomba de agua). *Revisar tapa del intercambiador de calor. *Revisar termostatos. *Limpiar todo el sistema de enfriamiento. *Revisar enfriador de aceite del motor. *Revisar bomba de agua. *El motor está sobrecargado. *Revisar empaquetadura del múltiple de escape.
<p>11. Alta temperatura del motor y baja el nivel de agua del tanque del motor</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar fugas del sistema de enfriamiento (abrazaderas, conexiones, mangueras). *Revisar drenaje de la bomba de agua. * Revisar empaquetadura del múltiple de escape.
<p>12. Presencia de agua en el cárter</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar enfriador de aceite. *Posible sopladura de la empaquetadura de la culata. *Posible picadura en conexiones de enfriador. *Posibles deterioros de juntas de culata.
<p>13. Presencia de aceite en el agua</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar enfriador y nivel de aceite del motor.
<p>14. El motor no apaga</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar cables de aceleración. *Revisar voltaje de sensor de velocidad.
<p>15. El motor no acelera</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar acelerador y cables (morse).
<p>16. El motor genera códigos de falla en el panel de control</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Mediante el manual detectar las fallas y/o lo más recomendable es pedir asistencia técnica para determinar y corregir la falla.
<p>17. El motor consume aceite</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Revisar tapón de drenaje del cárter. *Revisar retén delantero y posterior. *Revisar enfriador de aceite. *Revisar mangueras y conexiones. *Revisar empaquetaduras. *Revisar presión de gases del cárter. *Revisar respiradero del cárter. *Verificar humo de escape.
<p>18. El sistema no carga las baterías</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Verificar estado del alternador. *Aumentar la velocidad del motor. *Inspeccionar y limpiar cableado y terminales. *Revisar el sistema de carga y estado de la batería. *Ajustar tensión de fajas y/o cambiarlas. *Conexiones flojas o corroídas, baterías en mal estado, bornes sulfatados o desgastados.
<p>DATOS TÉCNICOS DE OPERACIÓN DEL MOTOR:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Temperatura del líquido refrigerante: 75 @ 95 °C. *Presión de aceite lubricante: 20 @ 75 psi. 	

5.4. Mantenimiento del freno dinamométrico hidráulico.- Normalmente requieren de poco mantenimiento, pero pueden tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

i. Cada 2 semanas:

a. Cuando menos deben limpiarse externamente la carcasa.

ii. Cada 3 a 4 meses:

a. Caso de trabajo pesado debe cambiarse los sellos mecánicos, debiendo verificarse este elemento cuidadosamente, además de chequear el alineamiento entre el motor y el dinamómetro.

iii. Cada 300 horas de trabajo o 4 a 6 meses:

- a.* Lo que sea más frecuente, debido a la humedad de la zona, se debe lubricar periódicamente los rodamientos.
- b.* Para lo cual se debe utilizar una grasa de buena calidad, resistente al agua y apropiada para temperaturas de servicio.

PLAN DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS									
ITEMS		SERVICIO PERIÓDICO (H)							
OBJETO	ACCESORIOS y/o COMPONENTES	D	50	2 5 0	500	1000	2000	4000	6000
FRENO DINAMOMÉTRICO HIDRÁULICO	Alineamiento		©						
	Rodamientos			©					
	Calibración			©					
	Carcasa	©							
	Sellos mecánicos		©						

5.5. Instrumentación:

i. Instrumentos de medida periódicamente:

- a.* Deben verificarse (conexión de manómetros, termómetros digitales, tacómetros, medidores de caudal) que en las uniones con las cañerías no exista fugas, lo cual debe corregirse en forma inmediata.
 - b.* Asimismo se debe verificar que las conexiones de los instrumentos se encuentren en buen estado, debiéndose limpiar los mismos.
 - c.* Según el grado o tipo de experiencia puede determinarse la calibración o no de todos estos instrumentos, observándose a los mismos durante el funcionamiento y reportándose cualquier anomalía como fluctuaciones en las mismas medidas o vibraciones inconvenientes.
 - d.* Por lo menos cada 4 a 6 meses.
 - e.* Se deben verificar todos los instrumentos fin de comprobar la exactitud requerida de cada uno de ellos.
 - f.* Debiéndose tomar en cuenta todas las recomendaciones dada por los fabricantes o norma de cada instrumento.
- ii. INSTRUMENTOS DE CONTROL Y REGULACION.-** Llámese llaves principales de apertura o cierre del fluido eléctrico, sistema de arranque y parada y regulación de revoluciones.
- a.* Periódicamente:
 - Deben efectuarse inspectores tanto de las instalaciones, funcionamiento, limpieza y chequeos de modo que no anulen la garantía del fabricante.
 - Estos deben operarse gradualmente de modo que no se incurra en golpes bruscos de funcionamiento.
 - Los fusibles no deben estar corroídos ni sucios, ni mucho menos

encontrarse empalmados debiéndose cambiar de inmediato.

- Las aperturas y cierres de las válvulas de control y distribución deben ser correctas, no debiendo observarse fugas.
- Los arranques y paradas deben ser de tal modo que no se escuche o produzca mucho ruido o vibración ni chisporroteos.

PLAN DE MANTENIMIENTO Y SERVICIOS									
ITEMS		SERVICIO PERIÓDICO (H)							
OBJETO	ACCESORIOS y/o COMPONENTES	D	50	250	500	1000	2000	4000	6000
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y CONTROL	Termómetros	©							
	Tacómetros	©							
	Medidores de caudal	©							
	Calibraciones	©							
	Llaves principales de apertura o cierre eléctrico	©							
	Sistema de arranque y parada	©							
	Regulación de RPM	©							
	Fusibles	©							
	Válvulas de control y distribución	©							

ANEXO N° VI
COSTOS Y PRESUPUESTOS

6.1. COSTOS DIRECTOS (C_D).- Gastos de materiales, componentes, accesorios e instrumentos de medición y control, mano de obra y maquinarias y/o equipos.

6.1.1 Costos de materiales (C_{MAT}).- Materiales suministrados para la fabricación e instalación del banco de pruebas.

COSTOS DIRECTOS (C_D)

Gastos de materiales, componentes, accesorios e instrumentos de medición y control, mano de obra y maquinarias y/o equipos.

COSTOS DE MATERIALES (C_{MAT})

Materiales suministrados para la fabricación e instalación del banco de pruebas.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNI DAD	CANT IDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	Motor DAEWOO de 40 HP - Gasolina	Und.	1	500.00	500.00
2	Junta universal (cardán)	Und.	1	0.00	0.00
3	Freno XS-19 Stuska water brake dynamometer, 200HP @ 12,000RPM	Und.	1	7,000.00	7,000.00
4	Conversión de GLP - 3ª generación	Und.	1	500.00	500.00
5	Plateado lámina de tablero de control	Und.	1	30.00	30.00
6	Plancha acrílica plexiglass (transparente)	Und.	2	30.00	60.00
7	Cruceta para junta universal y yugo	Und.	2	120.00	240.00
8	Disco de acople entre cardán y volante del MCI	Und.	1	0.00	0.00
9	Yugo con chaveta	Und.	1	0.00	0.00
10	Batería 12V - 13placas	Und.	1	110.00	110.00
11	Intercambiador de calor	Und.	1	500.00	500.00
12	Garrucha de alta carga	Und.	4	25.00	100.00
13	Termómetro indicador, modelo SD - 15 (para conexión con termocupla tipo J), rango: 0 @ 600 °C	Und.	1	120.00	120.00
14	Termómetro electrónico digital, marca AMADIGIT - 4d14th, rango: 35 @ 500 °C	Und.	1	100.00	100.00

15	Termómetro indicador, modelo SD - 158 para conexión con termocupla tipo J), rango: 0 @ 120 °C	Und.	1	130.00	130.00
16	Termómetro tipo Bourdon, marca ARMATHEN, rango: 0 @ 120 °C	Und.	2	68.00	136.00
17	Manómetro de clase 1.6, rosca horizontal, rango: 0 @ 7 Bar	Und.	1	20.00	20.00
18	Tacómetro digital, marca MOD-TUDIT, rango: 0 @ 500 RPM	Und.	1	150.00	150.00
19	Rotámetro (medidor de caudal), modelo 2300, rango: 0.1 L/h @ 1000 L/h	Und.	1	120.00	120.00
20	Rotámetro, marca KOBOLD, caudal: 400 @ 4000 L/min	Und.	1	120.00	120.00
21	Rotámetro (medidor de caudal), TEOFLUID 6001, rango: 0.1 L/h @ 40 m3/h	Und.	1	120.00	120.00
				TOTAL (\$)	10,056.00
				TOTAL (\$/)	34,693.20

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (<http://www.bn.com.pe/#area-principal>): S/.

3.45

6.1.2 Costo de mano de obra para la fabricación (C_{M.O.F.})- Determinan los gastos de fabricación de la Estructura del bastidor (bancada) y el Tanque de gasolina. Incluido los materiales para la fabricación.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO x DÍA (\$)	Nº DÍAS	PRECIO TOTAL (\$)
°Residente de Obra. °Inspector de Calidad. °Supervisor de Seguridad.	1	60	6	360.00
°Técnico Supervisor (Capataz). °Armador. °Oficial. °Ayudante general.	1	45	6	270.00
°Técnico Soldador.	1	60	2	120.00
°Pintor (Tratamiento superficial).	1	35	2	70.00

°Mecánico. °Electricista.	1	40	2	80.00
TOTAL (\$)				900.00
(*)TOTAL (S/.)				3,105.00

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	------

6.1.3 Costo de mano de obra para el montaje e instalación (C_{M.O.M.})-

Tiempo estimado para el montaje e instalación: 04 Días.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO x DÍA (\$)	Nº DÍAS	PRECIO TOTAL (\$)
°Montaje e instalación de Componentes, accesorios e instrumentos de medición y control. °Puesta en marcha del banco.	1	20	4	80.00
TOTAL (\$)				80.00
(*)TOTAL (S/.)				276.00

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	------

6.1.4 Costo del tiempo de equipos (C_{MAQ.})- El costo de las máquinas a

utilizar, se encuentran incluidos en la mano de obra.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO x HORA (\$)	Nº HORAS	PRECIO TOTAL (\$)
Máquinas de corte	1	0	20	0.00
Maquinados	1	0	20	0.00
Pintado	1	0	20	0.00
Máquinas de soldar	1	0	20	0.00
TOTAL (\$)				0.00
(*) TOTAL (S/.)				0.00

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	------

6.1.5 Presupuesto (Resumen de C_D):

DESCRIPCIÓN DE COSTOS	PRECIO TOTAL (\$)	PRECIO TOTAL (S/.)
CMAT.:	10,056.00	34,693.20
CM_{O.F.}:	900.00	3,105.00
CM_{O.M.}:	80.00	276.00
CMAQ.:	0.00	0.00

CD = CMAT. + CM_{O.F.} + CM_{O.M.} + CMAQ.:	11,036.00	38,074.20
--	------------------	------------------

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	-------------

6.1.6 Costos indirectos (C_I).- Comprende los gastos por remuneración de personal, combustible, material de oficina, pasajes, etc. Para este caso consideramos al costo indirecto (C_I) como un 5% del costo directo (C_D).

DESCRIPCIÓN DE COSTOS	PRECIO TOTAL (\$)	PRECIO TOTAL (S/.)
CI = 5% x CD:	551.80	1,903.71

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	-------------

6.1.7 Costo de fabricación total (C_T):

DESCRIPCIÓN DE COSTOS	PRECIO TOTAL (\$)	PRECIO TOTAL (S/.)
CT = CD + CI:	11,587.80	39,977.91

(*) TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL (http://www.bn.com.pe/#area-principal): S/.	3.45
--	-------------

6.1.8 Margen de beneficio (M_B):

$$M_B = \text{COSTO DEL EXTRANJERO} - \text{COSTO PAÍS}$$

EMPRESAS EN EL EXTERIOR	COSTO DEL EXTRANJERO (\$)	EMPRESAS NACIONALES	COSTO PAÍS (\$)	MARGEN DE BENEFICIO	
				(\$)	(S/.)
Impianto Didacta - Italia	105,000.00	FIME - UNAC	11,587.80	93,412.20	322,272.09
Power Test - USA	70,690.00			59,102.20	203,902.59
DYNO-mite dynamometers - USA	32,950.00			21,362.20	73,699.59
Ruso Solo Motor Diésel - Rusia	30,000.00			18,412.20	63,522.09

(*) **TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL** (<http://www.bn.com.pe/#area-principal>): S/.

3.45

Por lo expuesto, el costo total de la fabricación del banco de prueba representa un aproximado del 38% del precio con respecto al costo del extranjero (más económico); por lo cual se hace rentable su construcción.

6.1.9 Precio de comparación (P_C):

EMPRESAS EXTRANJERAS	COSTO DE FABRICA (\$)	VUESTRO PROYECTO	COSTO DE FABRICACIÓN	
			(\$)	(S/.)
Impianto Didacta - Italia	105,000.00	FIME - UNAC	11,587.80	39,977.91
Power Test - USA	70,690.00			
DYNO-mite dynamometers - USA	32,950.00			
Ruso Solo Motor Diésel - Rusia	30,000.00			

(*) **TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL** (<http://www.bn.com.pe/#area-principal>): S/.

3.45

Por la comparación expuesta, ello constituye que nuestro costo de fabricación es mucho más rentable y además existe la gran ventaja de mantenimiento e instalación directa.

6.1.10 Servicios (S).- La unidad de instrucción experimental tendrá la capacidad de brindar servicios de alquiler a instituciones como: Universidades e Institutos Técnicos; en las siguientes experiencias.

ITEM	EXPERIENCIA	COSTO (S/.)	TOTAL (S/.)
1	Curva Característica de Velocidad	500.00	1,500.00
2	Curva Característica de Carga	500.00	
3	Balance Térmico	500.00	

***NOTA:** Cada experiencia, tendrá como máximo 20 alumnos por grupo de trabajo.

Asumiendo que se realizará 04 prestaciones de servicios de alquiler por cada ciclo		
x CICLO ACADÉMICO (S/.)	COSTO (S/.)	COSTO (S/.)
01 Ciclo: S/. 1,500.00 x 4	6,000.00	42,000.00
02 Ciclos = 01 Año: S/. 6,000.00 x 2	12,000.00	
04 Ciclos = 02 Años: S/. 12,000.00 x 2	24,000.00	

Lo cual se observa que en dos años se recuperará el gasto invertido en la construcción de la unidad de instrucción experimental (banco de prueba)

(*) **TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL** (<http://www.bn.com.pe/#area-principal>): S/. 3.45

ANEXO N° VII

TABLAS



ASTM **TABLE N° 7.1**
Designation: A 36/A 36M – 97a^{ε1}

Standard Specification for Carbon Structural Steel¹

This standard is issued under the fixed designation A 36/A 36M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{ε1} Note—Table 2 was editorially corrected in September 1999.

(TABLE 1 Appurtenant Material Specifications)

Note 1—The specifier should be satisfied of the suitability of these materials for the intended application. Composition and/or mechanical properties may be different than specified in A 36/A 36M.

Material	ASTM Designation
Steel rivets	A 502, Grade 1
Bolts	A 307, Grade A or F 568M, Class 4.6
High-strength bolts	A 325 or A 325M
Steel nuts	A 563 or A 563M
Cast steel	A 27/A 27M, Grade 65–35 [450–240]
Forgings (carbon steel)	A 668, Class D
Hot-rolled sheets and strip	A 570/A 570M, Grade 36
Cold-formed tubing	A 500, Grade B
Hot-formed tubing	A 501
Anchor bolts	F 1554

(TABLE 2 Chemical Requirements)

Note 1—Where “. . .” appears in this table there is no requirement. The heat analysis for manganese shall be determined and reported as described in the heat analysis section of Specification A 6/A 6M.

Product	Shapes ^A	Plates ^B					Bars			
		To ¼ [20], incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2 ½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¼ [20], incl	Over ¼ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

^A Manganese content of 0.85–1.35 % and silicon content of 0.15–0.40 % is required for shapes over 426 lb/ft [634 kg/m].

^B For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to the maximum of 1.35 %.

(TABLE 3 Tensile Requirements^A)

Plates, Shapes, ^B and Bars:	
Tensile strength, ksi [MPa]	58–80 [400–550]
Yield point, min, ksi [MPa]	36 [250] ^C
Plates and Bars ^{D,E} :	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	23
Shapes:	
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %	20
Elongation in 2 in. [50 mm], min, %	21 ^B

^A See Specimen Orientation under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

^B For wide flange shapes over 426 lb/ft [634 kg/m], the 80 ksi [550 MPa] maximum tensile strength does not apply and a minimum elongation in 2 in. [50 mm] of 19 %, applies.

^C Yield point 32 ksi [220 MPa] for plates over 8 in. [200 mm] in thickness.

^D Elongation not required to be determined for floor plate.

^E For plates wider than 24 in. [600 mm], the elongation requirement is reduced two percentage points. See elongation requirement adjustments under the Tension Tests section of Specification A 6/A 6M.

TABLA N° 7.2
PROPIEDADES DE MATERIALES COMUNES EN INGENIERÍA (SI)

Material	Densidad, (kg/m ³) ¹	Resistencia última			Cedencia ²		Módulo de elasticidad, (GPa)	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 ⁻⁶ /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, ² MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
(Acero)										
(Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
Inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
Fundición										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
Aluminio										
Aleación 1100-H14 (99% Al)										
	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6										
	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4										
	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116										
	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6										
	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6										
	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
Cobre										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)										
	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)										
	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)										
	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

¹ Las propiedades de los metales varían ampliamente con la composición, el tratamiento térmico y el trabajado mecánico.

² Para materiales dúctiles la resistencia a compresión se supone igual a la resistencia a tensión.

³ Offset 0.2%.

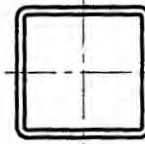
⁴ Las propiedades de la madera son para carga paralela a la fibra.

⁵ Véase también *Mark's Mechanical Engineering Handbook*, 10a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 1996; *Annual Book of ASTM*, American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pa.; *Metals Handbook*, American Society for Metals, Metals Park, Ohio; y *Aluminum Design Manual*, The Aluminum Association, Washington, D.C.

Fuente: BEER & JOHNSTON. *Mecánica de Materiales*. 6ª ed. Apéndice B. pág. A13

TABLA N° 7.3

STRUCTURAL TUBING
Square
Dimensions and properties



Dimensions			Properties**						
Nominal* (Size)	(Wall Thickness)		(Weight per ft)	(Area)	I	(S)	(r)	J	Z
in.	in.		lb	in. ²	in. ⁴	in. ³	in.	in. ⁴	in. ³
4½x4½	0.3750	⅜	19.82	5.83	16.0	7.10	1.66	27.1	8.81
	0.3125	⅝	16.96	4.98	14.2	6.30	1.69	23.6	7.68
	0.2500	¼	13.91	4.09	12.1	5.36	1.72	19.7	6.43
	0.1875	⅜	10.70	3.14	9.60	4.27	1.75	15.4	5.03
	0.1250	⅛	7.31	2.15	6.78	3.02	1.78	10.6	3.50
4x4	0.5000	½	21.63	6.36	12.3	6.13	1.39	21.8	8.02
	0.3750	⅜	17.27	5.08	10.7	5.35	1.45	18.4	6.72
	0.3125	⅝	14.83	4.36	9.58	4.79	1.48	16.1	5.90
	0.2500	¼	12.21	3.59	8.22	4.11	1.51	13.5	4.97
	0.1875	⅜	9.42	2.77	6.59	3.30	1.54	10.6	3.91
	0.1250	⅛	6.46	1.90	4.70	2.35	1.57	7.40	2.74
3½x3½	0.3125	⅝	12.70	3.73	6.09	3.48	1.28	10.4	4.35
	0.2500	¼	10.51	3.09	5.29	3.02	1.31	8.82	3.69
	0.1875	⅜	8.15	2.39	4.29	2.45	1.34	6.99	2.93
	0.1250	⅛	5.61	1.65	3.09	1.76	1.37	4.90	2.07
3x3	0.3125	⅝	10.58	3.11	3.58	2.39	1.07	6.22	3.04
	(0.2500)	(¼)	(8.81)	(2.59)	3.16	(2.10)	(1.10)	5.35	2.61
	0.1875	⅜	6.87	2.02	2.60	1.73	1.13	4.28	2.10
	0.1250	⅛	4.75	1.40	1.90	1.26	1.16	3.03	1.49
2½x2½	0.3125	⅝	8.45	2.48	1.87	1.50	0.868	3.32	1.96
	0.2500	¼	7.11	2.09	1.69	1.35	0.899	2.92	1.71
	0.1875	⅜	5.59	1.64	1.42	1.14	0.930	2.38	1.40
	0.1250	⅛	3.90	1.15	1.06	0.847	0.961	1.71	1.01
2x2	0.3125	⅝	6.32	1.86	0.815	0.815	0.662	1.49	1.11
	0.2500	¼	5.41	1.59	0.766	0.766	0.694	1.36	1.00
	0.1875	⅜	4.32	1.27	0.668	0.668	0.726	1.15	0.840
	0.1250	⅛	3.05	0.897	0.513	0.513	0.756	0.846	0.621
1½x1½	0.1875	⅜	3.04	0.894	0.242	0.323	0.521	0.431	0.423

*Outside dimensions across flat sides.

**Properties are based upon a nominal outside corner radius equal to two times the wall thickness.

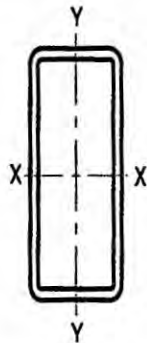
► **Donde:**

- ◆ A = Área de la sección transversal.
- ◆ I = Momento de inercia de la sección transversal.
- ◆ S = Momento estático de media sección (Módulo elástico resistente).
- ◆ r = Radio de giro.
- ◆ J = Módulo de torsión.
- ◆ Z = Módulo plástico.

Fuente: AISC. Manual de construcción en acero. LRFD. 2ª ed. pág. 1-125

TABLA N° 7.4

STRUCTURAL TUBING
Rectangular
Dimensions and properties




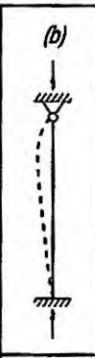
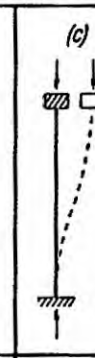
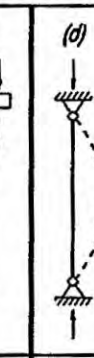
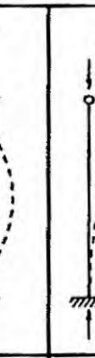
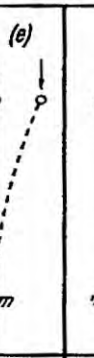

Dimensions				Properties**									
Nominal* Size	(Wall) Thickness		Weight (per ft)	Area	X-X Axis				Y-Y Axis				J
					I	S	Z	r	I	S	Z	r	
in.	in.		lb	in. ²	in. ⁴	in. ³	in. ³	in.	in. ⁴	in. ³	in. ³	in.	in. ⁴
5x2	0.3125	5/16	12.70	3.73	9.74	3.90	5.31	1.62	2.16	2.16	2.70	0.762	6.24
	0.2500	1/4	10.51	3.09	8.48	3.39	4.51	1.66	1.92	1.92	2.32	0.789	5.43
	0.1875	3/16	8.15	2.39	6.89	2.75	3.59	1.70	1.60	1.60	1.86	0.816	4.40
	0.1250	1/8	5.61	1.65	4.96	1.98	2.53	1.73	1.17	1.17	1.32	0.844	3.15
4x3	0.3125	5/16	12.70	3.73	7.45	3.72	4.75	1.41	4.71	3.14	3.88	1.12	9.89
	0.2500	1/4	10.51	3.09	6.45	3.23	4.03	1.45	4.10	2.74	3.30	1.15	8.41
	0.1875	3/16	8.15	2.39	5.23	2.62	3.20	1.48	3.34	2.23	2.62	1.18	6.67
	0.1250	1/8	5.61	1.65	3.76	1.88	2.25	1.51	2.41	1.61	1.85	1.21	4.68
4x2	0.3750	3/8	12.17	3.58	5.75	2.87	4.00	1.27	1.83	1.83	2.39	0.715	4.97
	0.3125	5/16	10.58	3.11	5.32	2.66	3.60	1.31	1.71	1.71	2.17	0.743	4.58
	0.2500	1/4	8.81	2.59	4.69	2.35	3.09	1.35	1.54	1.54	1.88	0.770	4.01
	0.1875	3/16	6.87	2.02	3.87	1.93	2.48	1.38	1.29	1.29	1.52	0.798	3.26
	0.1250	1/8	4.75	1.40	2.82	1.41	1.77	1.42	0.954	0.954	1.09	0.826	2.34
3x2	0.3125	5/16	8.45	2.48	2.44	1.63	2.20	0.992	1.26	1.26	1.64	0.714	2.97
	0.2500	1/4	7.11	2.09	2.21	1.47	1.92	1.03	1.15	1.15	1.44	0.742	2.63
	0.1875	3/16	5.59	1.64	1.86	1.24	1.57	1.06	0.977	0.977	1.18	0.771	2.16
	0.1250	1/8	3.90	1.15	1.38	0.920	1.13	1.10	0.733	0.733	0.855	0.800	1.57
2 1/2 x 1 1/2	0.2500	1/4	5.41	1.59	1.05	0.844	1.15	0.815	0.458	0.610	0.793	0.537	1.14
	0.1875	3/16	4.32	1.27	0.920	0.736	0.964	0.852	0.405	0.540	0.669	0.565	0.976

*Outside dimensions across flat sides.

**Properties are based upon a nominal outside corner radius equal to two times the wall thickness.

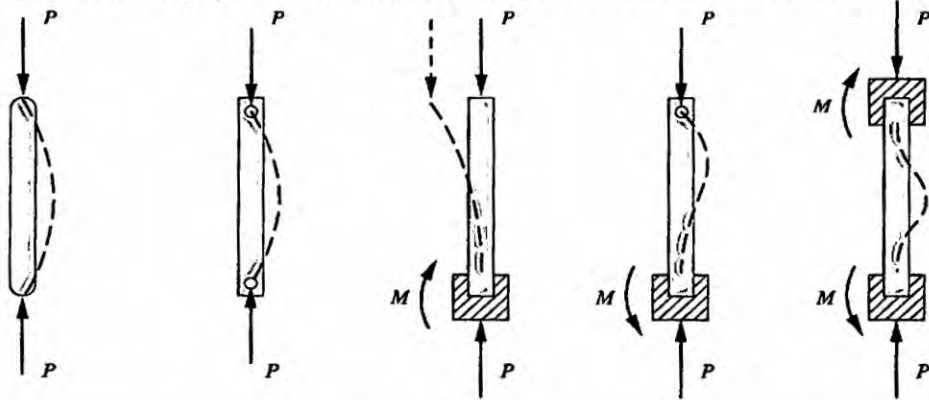
Fuente: AISC. Manual de construcción en acero. LRFD. 2ª ed. pág. 1-132

TABLA N° 7.5
FACTORES (K) DE LONGITUD EFECTIVA PARA COLUMNAS

Buckled shape of column is shown by dashed line						
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code	 Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free					

Fuente: AISC. Manual de construcción en acero. LRFD. 2ª ed. pág. 2-18

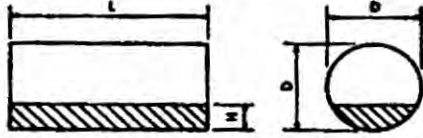
TABLA N° 7.6
FACTORES (K) DE LONGITUD EFECTIVA PARA COLUMNAS



Condiciones de extremo	Valores teóricos	Recomendados por la AISC*	Valores conservadores
Redondeada-redondeada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Articulada-articulada	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-libre	$l_{ef} = 2l$	$l_{ef} = 2.1l$	$l_{ef} = 2.4l$
Empotrada-articulada	$l_{ef} = 0.707l$	$l_{ef} = 0.80l$	$l_{ef} = l$
Empotrada-empotrada	$l_{ef} = 0.5l$	$l_{ef} = 0.65l$	$l_{ef} = l$

Fuente: NORTON, R. Diseño de máquinas. 4ª ed. fig. 2-41. tabla 2-4. pág. 126

TABLA N° 7.7
VOLUMENES PARCIALES EN CILINDROS HORIZONTALES



El volumen parcial de un cilindro horizontal es igual al volumen total multiplicado por un coeficiente que se encuentra en la tabla.

EJEMPLO

CILINDRO HORIZONTAL D = 10 pies, 0 pulg; H = 2.75 pies L = 60 pies, 0 pulg

VOLUMEN TOTAL: $0.7854 \times D^2 \times L$ Hallar el volumen parcial del casco cilíndrico.

Volumen total: $0.7854 \times 10^2 \times 60 = 4712.4$ pies cúbicos

Coeficiente tomado de la tabla:

$H/D = 2.75/10 = 0.275$

Entre con las dos primeras cifras (.27) en la columna (H/D) en la tabla de esta página. Avance hacia la derecha hasta encontrar el coeficiente bajo la columna (5) que es el tercer dígito. El coeficiente de 0.275 es entonces 0.223507.

Volumen total \times coeficiente = volumen parcial

$4712.4 \times 0.223507 = 1053.25$ pies cúbicos

pies cúbicos multiplicados por 7.480519 = galones E.U.







pies cúbicos multiplicados por 28.317016 = litros

COEFICIENTES

H/D	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
.00	.000000	.000053	.000151	.000279	.000429	.000600	.000788	.000992	.001212	.001445
.01	.001692	.001952	.002223	.002507	.002800	.003104	.003419	.003743	.004077	.004421
.02	.004773	.005134	.005503	.005881	.006267	.006660	.007061	.007470	.007886	.008310
.03	.008742	.009179	.009625	.010076	.010534	.010999	.011470	.011947	.012432	.012920
.04	.013417	.013919	.014427	.014940	.015459	.015985	.016515	.017052	.017593	.018141
.05	.018692	.019250	.019813	.020382	.020955	.021533	.022115	.022703	.023296	.023894
.06	.024496	.025103	.025715	.026331	.026952	.027578	.028208	.028842	.029481	.030124
.07	.030772	.031424	.032081	.032740	.033405	.034073	.034747	.035423	.036104	.036789
.08	.037478	.038171	.038867	.039569	.040273	.040981	.041694	.042410	.043129	.043852
.09	.044579	.045310	.046043	.046782	.047523	.048268	.049017	.049768	.050524	.051283
.10	.052044	.052810	.053579	.054351	.055126	.055905	.056688	.057474	.058262	.059054
.11	.059850	.060648	.061449	.062253	.063062	.063872	.064687	.065503	.066323	.067147
.12	.067972	.068802	.069633	.070469	.071307	.072147	.072991	.073836	.074686	.075539
.13	.076393	.077251	.078112	.078975	.079841	.080709	.081581	.082456	.083332	.084212
.14	.085094	.085979	.086866	.087756	.088650	.089545	.090443	.091343	.092246	.093153
.15	.094061	.094971	.095884	.096799	.097717	.098638	.099560	.100486	.101414	.102343
.16	.103275	.104211	.105147	.106087	.107029	.107973	.108920	.109869	.110820	.111773
.17	.112728	.113686	.114646	.115607	.116572	.117538	.118506	.119477	.120450	.121425
.18	.122403	.123382	.124364	.125347	.126333	.127321	.128310	.129302	.130296	.131292
.19	.132290	.133291	.134292	.135296	.136302	.137310	.138320	.139332	.140345	.141361
.20	.142378	.143398	.144419	.145443	.146468	.147494	.148524	.149554	.150587	.151622
.21	.152659	.153697	.154737	.155779	.156822	.157867	.158915	.159963	.161013	.162066
.22	.163120	.164176	.165233	.166292	.167353	.168416	.169480	.170546	.171613	.172682
.23	.173753	.174825	.175900	.176976	.178053	.179131	.180212	.181294	.182378	.183463
.24	.184550	.185639	.186729	.187820	.188912	.190007	.191102	.192200	.193299	.194400
.25	.195501	.196604	.197709	.198814	.199922	.201031	.202141	.203253	.204368	.205483
.26	.206600	.207718	.208837	.209957	.211079	.212202	.213326	.214453	.215580	.216708
.27	.217839	.218970	.220102	.221235	.222371	.223507	.224645	.225783	.226924	.228065
.28	.229209	.230352	.231498	.232644	.233791	.234941	.236091	.237242	.238395	.239548
.29	.240703	.241859	.243018	.244173	.245333	.246494	.247655	.248819	.249983	.251148
.30	.252315	.253483	.254652	.255822	.256992	.258165	.259338	.260512	.261687	.262863
.31	.264039	.265218	.266397	.267578	.268760	.269942	.271126	.272310	.273495	.274682

Fuente: MEGYESY, Eugene F. Manual de recipientes a presión. 7ª ed. pág. 404

TABLA N° 7.8
EFICIENCIA DE LOS TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

TIPOS NORMA UW-12		EFICIENCIA DE LA JUNTA, E		
		Cuando la junta es:		
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Jointa a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>En juntas circunferenciales únicamente</p> <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p>	0.90	0.80	0.65
3	 <p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	—	—	0.60
4	 <p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	—	—	0.55
5	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p>	—	—	0.50
6	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p>	—	—	0.45

Fuente: MEGYESY, Eugene F. *Manual de recipientes a presión*. 7ª ed. pág. 142

TABLA N° 7.9
TIPOS DE JUNTAS PARA EL CASCO DE TANQUES CILÍNDRICOS
HORIZONTALES



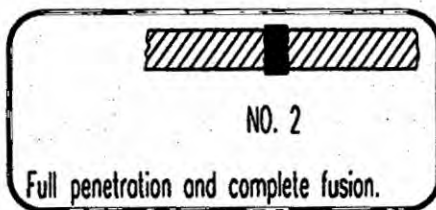
NO. 1

Double-welded U, V, bevel, or square groove butt joint.



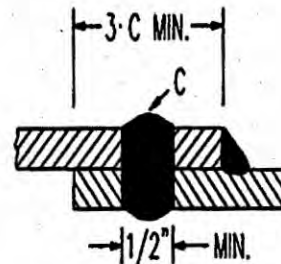
NO. 4

Groove weld equivalent in thickness to "t"; full penetration and complete fusion; minimum overlap, "B" - 1/2 inch (12.7 mm).



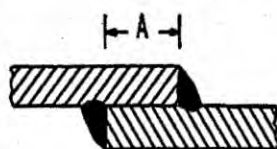
NO. 2

Full penetration and complete fusion.



NO. 5

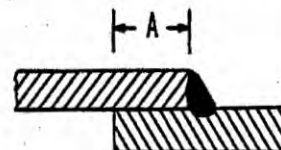
Full fillet weld on outside; "C" is 1/2 inch (12.7 mm) minimum diameter lock weld spaced not over 12 inches.



NO. 3

Double-welded full fillet lap joint, or single-welded full fillet lap joint on outside with 1-inch (25.4-mm) intermittent weld spaced not over 12 inches (0.3 m) on inside; minimum overlap, "A" - 1/2 inch (12.7 mm) for tank diameters 48 inches (1.2 m) or less, 3/4 inch (19.1 mm) for tank diameters over 48 inches (1.2 m).

S2054C



NO. 6

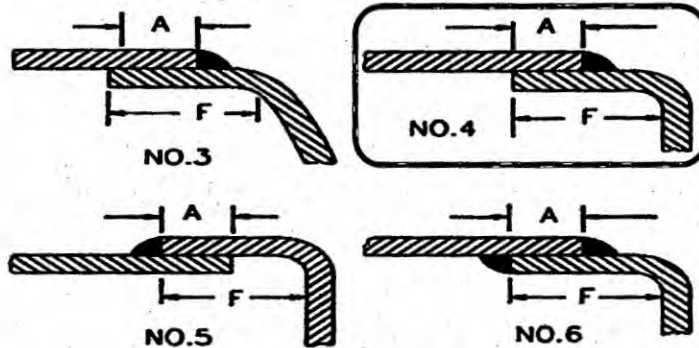
Single-welded full fillet lap joint; minimum overlap, "A" - 1/2 inch (12.7 mm) for tank diameters 48 inches (1.2 m) or less, 3/4 inch (19.1 mm) for tank diameters over 48 inches (1.2 m). This joint shall not be used on tanks with a diameter greater than 65 inches (1.65 m) unless it is used on the shell of the secondary containment tank where the secondary containment shell is in direct contact with the primary tank.

Fuente: UL 142. Tanques horizontales sobre superficie. 8ª ed. fig. 6.1. pág. 13.

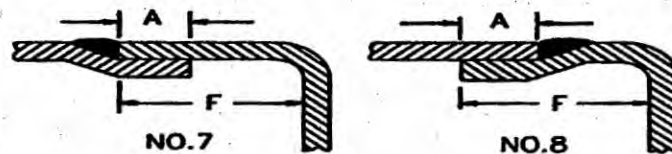
TABLA N° 7.10
TIPOS DE JUNTAS PARA LAS TAPAS DE TANQUES CILÍNDRICOS
HORIZONTALES



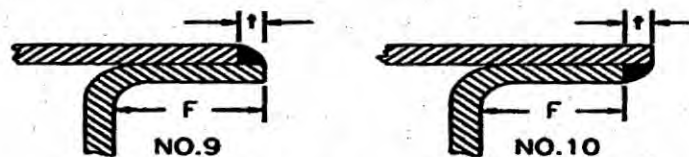
Double-welded U, V, bevel or square groove butt joint; full penetration and complete fusion.



Single-welded full fillet lap joint, single-welded full fillet lap joint on outside with 1-inch (25.4 mm) intermittent weld spaced not over 12 inches (0.3 m) on inside, or double-welded full fillet lap joint; minimum overlap, "A" - 1/2 inch (12.7 mm); "F" is five times head thickness or greater, but not less than 1/2 inch (12.7 mm).



Groove weld equivalent in thickness to that of head or shell; minimum overlap, "A" - 1/2 inch (12.7 mm); "F" is five times head thickness or greater, but not less than 1/2 inch (12.7 mm).

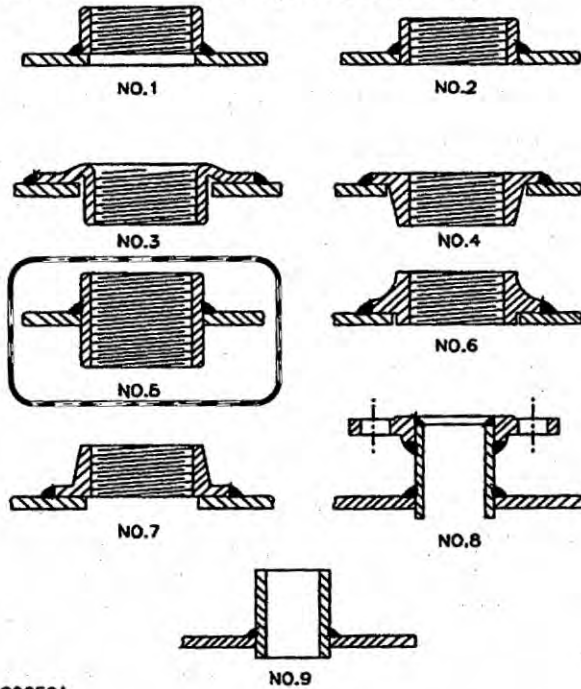


Full fillet weld; "t" - not less than thickness of shell; "F" is five times head thickness or greater, but not less than 1/2 inch (12.7 mm).

S2055B

Fuente: *UL 142. Tanques horizontales sobre superficie. 8ª ed. fig. 6.2. pág. 14.*

**TABLA N° 7.11
CONEXIONES DE TUBERÍAS (BOQUILLAS)**



S2059A

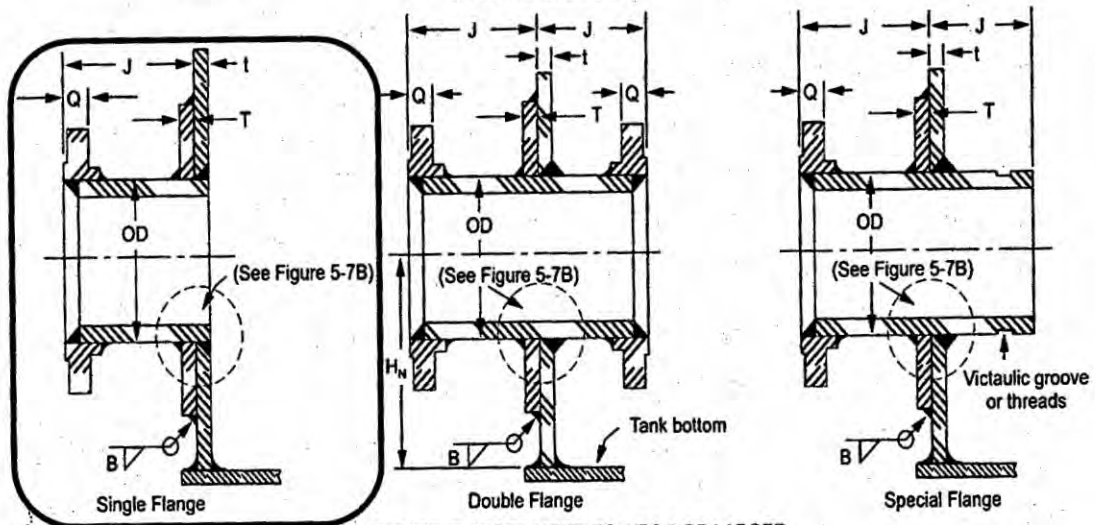
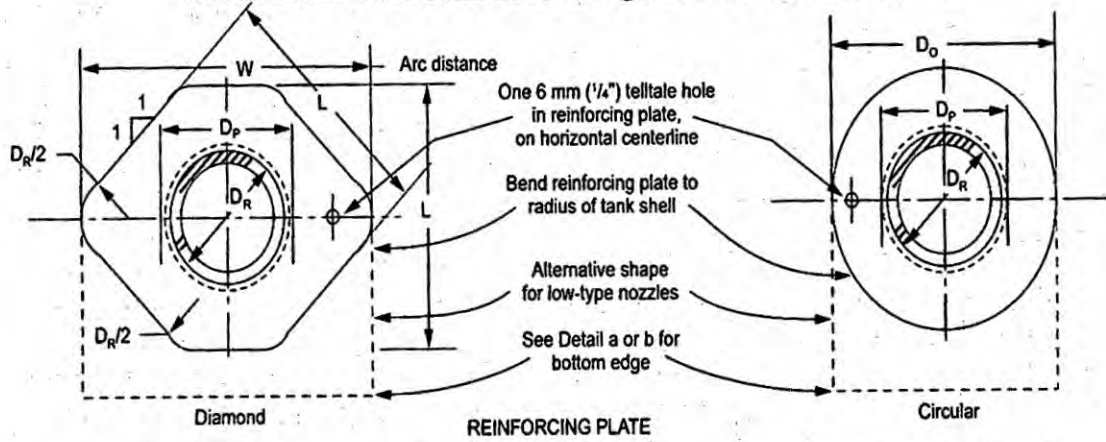
- No. 1 – Half pipe coupling.
- No. 2 – Half pipe coupling.
- No. 3 – Pressed steel, hub inside tank only.
- No. 4 – Forged steel, hub inside tank.
- No. 5 – Full pipe coupling.
- No. 6 – Forged steel, with pilot.
- No. 7 – Forged steel, without pilot.
- No. 8 – Standard pipe nipple and welding flange.
- No. 9 – Standard pipe nipple – may be unthreaded.

NOTES –

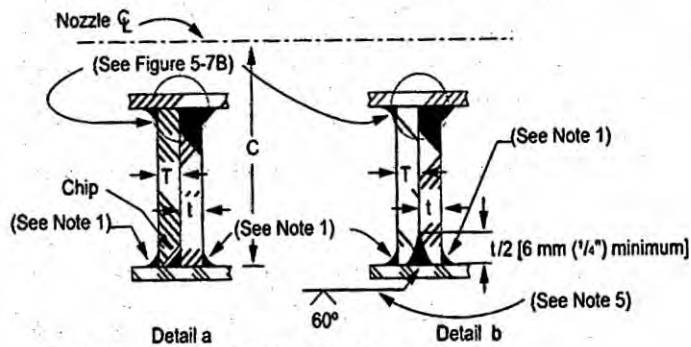
- 1 All welds are to be full fillet welds, at least 1/8-inch (3.2-mm).
- 2 Pipe connections Nos. 8 and 9 may be trimmed flush.
- 3 Pipe connections Nos. 3, 4, 5, 8, and 9 may be seal welded on the opposite side of the weld shown.

Fuente: UL 142. Tanques horizontales sobre superficie. 8ª ed. fig. 7.1. pág. 19.

TABLA N° 7.12
REFUERZOS PARA LAS BOQUILLAS DEL CASCO



REGULAR-TYPE FLANGED NOZZLES, NPS 3 OR LARGER
(Bolt holes shall straddle flange centerlines)



LOW-TYPE FLANGED NOZZLES, NPS 3 OR LARGER
(Bolt holes shall straddle flange centerlines)

Notes:

1. See 5.1.5.7 for information on the size of welds.
2. See 5.8.9 for information on the couplings used in shell nozzles.
3. Nozzles NPS 3 or larger require reinforcement.
4. Details of welding bevels may vary from those shown if agreed to by the Purchaser.
5. Shop weld not attached to bottom plate.
6. See 5.7.6.2 for information on supplying nozzles flush or with an internal projection.

Fuente: API 650. Tanques de almacenamiento. 2012. fig. 5.8. pág. 5-26.

TABLA N° 7.13
DIMENSIONES DE LOS REFUERZOS PARA LAS BOQUILLAS (IN)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7	Column 8	Column 9 ^c
NPS (Size of Nozzle)	Outside Diameter of Pipe OD	Nominal Thickness of Flanged Nozzle Pipe Wall ^a t_n	Diameter of Hole in Reinforcing Plate D_R	Length of Side of Reinforcing Plate ^b or Diameter $L = D_o$	Width of Reinforcing Plate W	Minimum Distance from Shell-to-Flange Face J	Minimum Distance from Bottom of Tank to Center of Nozzle Regular Type ^d H_N	Low Type C
				Flanged Fittings				
60	60	e	60 ¹ / ₈	120 ³ / ₄	145 ³ / ₄	16	64 ⁵ / ₈	60 ³ / ₈
54	54	e	54 ¹ / ₈	108 ³ / ₄	131 ¹ / ₂	16	58 ⁵ / ₈	54 ³ / ₈
52	52	e	52 ¹ / ₈	104 ³ / ₄	126 ¹ / ₂	16	56 ⁵ / ₈	52 ³ / ₈
50	50	e	50 ¹ / ₈	100 ³ / ₄	121 ³ / ₄	16	54 ⁵ / ₈	50 ³ / ₈
48	48	e	48 ¹ / ₈	96 ³ / ₄	117	16	52 ⁵ / ₈	48 ³ / ₈
46	46	e	46 ¹ / ₈	92 ³ / ₄	112	16	50 ⁵ / ₈	46 ³ / ₈
44	44	e	44 ¹ / ₈	88 ³ / ₄	107 ¹ / ₄	15	48 ⁵ / ₈	44 ³ / ₈
42	42	e	42 ¹ / ₈	84 ³ / ₄	102 ¹ / ₂	15	46 ⁵ / ₈	42 ³ / ₈
40	40	e	40 ¹ / ₈	80 ³ / ₄	97 ³ / ₄	15	44 ⁵ / ₈	40 ³ / ₈
38	38	e	38 ¹ / ₈	76 ³ / ₄	92 ³ / ₄	14	42 ⁵ / ₈	38 ³ / ₈
36	36	e	36 ¹ / ₈	72 ³ / ₄	88	14	40 ⁵ / ₈	36 ³ / ₈
34	34	e	34 ¹ / ₈	68 ³ / ₄	83 ¹ / ₄	13	38 ⁵ / ₈	34 ³ / ₈
32	32	e	32 ¹ / ₈	64 ³ / ₄	78 ¹ / ₂	13	36 ⁵ / ₈	32 ³ / ₈
30	30	e	30 ¹ / ₈	60 ³ / ₄	73 ¹ / ₂	12	34 ⁵ / ₈	30 ³ / ₈
28	28	e	28 ¹ / ₈	56 ³ / ₄	68 ³ / ₄	12	32 ⁵ / ₈	28 ³ / ₈
26	26	e	26 ¹ / ₈	52 ³ / ₄	64	12	30 ⁵ / ₈	26 ³ / ₈
24	24	0.50	24 ¹ / ₈	49 ¹ / ₂	60	12	29	24 ³ / ₄
22	22	0.50	22 ¹ / ₈	45 ¹ / ₂	55 ¹ / ₄	11	27	22 ³ / ₄
20	20	0.50	20 ¹ / ₈	41 ¹ / ₂	50 ¹ / ₂	11	25	20 ³ / ₄
18	18	0.50	18 ¹ / ₈	37 ¹ / ₂	45 ³ / ₄	10	23	18 ³ / ₄
16	16	0.50	16 ¹ / ₈	33 ¹ / ₂	40 ³ / ₄	10	21	16 ³ / ₄
14	14	0.50	14 ¹ / ₈	29 ¹ / ₂	36	10	19	14 ³ / ₄
12	12 ³ / ₄	0.50	12 ⁷ / ₈	27	33	9	17 ³ / ₄	13 ¹ / ₂
10	10 ³ / ₄	0.50	10 ⁷ / ₈	23	28 ¹ / ₄	9	15 ³ / ₄	11 ¹ / ₂
8	8 ⁵ / ₈	0.50	8 ³ / ₄	19	23 ¹ / ₄	8	13 ³ / ₄	9 ¹ / ₂
6	6 ⁵ / ₈	0.432	6 ³ / ₄	15 ³ / ₄	19 ¹ / ₂	8	12 ¹ / ₈	7 ⁷ / ₈
4	4 ¹ / ₂	0.337	4 ⁵ / ₈	12	15 ¹ / ₄	7	10 ¹ / ₄	6
3	3 ¹ / ₂	0.300	3 ⁵ / ₈	10 ¹ / ₂	13 ¹ / ₂	7	9 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄
2 ^f	2 ³ / ₈	0.218	2 ¹ / ₂	—	—	6	7	h
1 ¹ / ₂ ^f	1.90	0.200	2	—	—	6	6	h
1 ^f	1.315	0.250	—	—	—	6	6	h
3/4 ^f	1.05	0.218	—	—	—	6	6	h
Threaded and Socket-Welded Couplings								
3B	4.250	Coupling	4 ³ / ₈	11 ¹ / ₄	14 ¹ / ₄	—	9 ⁵ / ₈	5 ⁵ / ₈
2 ^f	3.000	Coupling	3 ¹ / ₈	—	—	—	7	h
1 ¹ / ₂ ^f	2.500	Coupling	2 ⁵ / ₈	—	—	—	6	h
1 ^f	1.750	Coupling	1 ⁷ / ₈	—	—	—	6	h
3/4 ^f	1.375	Coupling	1 ¹ / ₂	—	—	—	5	h

^aFor extra-strong pipe, see ASTM A 53 or A 106 for other wall thicknesses; however, piping material must conform to 4.5.

^bThe width of the shell plate shall be sufficient to contain the reinforcing plate and to provide clearance from the girth joint of the shell course.

^cLow type reinforced nozzles shall not be located lower than the minimum distance shown in Column 9. The minimum distance from the bottom shown in Column 9 complies with spacing rules of 5.7.3 and Figure 5-6.

^dRegular type reinforced nozzles shall not be located lower than the minimum distance H_N shown in Column 8 when shell thickness is equal to or less than 1/2 in. Greater distances may be required for shells thicker than 1/2 in. to meet the minimum weld spacing of 5.7.3 and Figure 5-6.

^eSee Table 5-7b, Column 2.

^fFlanged nozzles and couplings in pipe sizes NPS 2 or smaller do not require reinforcing plates. D_R will be the diameter of the hole in the shell plate, and Weld A will be as specified in Table 5-7b, Column 6. Reinforcing plates may be used if the construction details comply with reinforced nozzle details.

^gA coupling in an NPS 3 requires reinforcement.

^hSee 5.7.3 and Figure 5-6.

Note: See Figure 5-8.

Fuente: API 650. Tanques de almacenamiento. 2012. Tabla 5-6b. pág. 5-29.

TABLA N° 7.14
DIMENSIONES PARA LAS BOQUILLAS DEL CASCO (IN)

Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6
Thickness of Shell and Reinforcing Plate ^a <i>t</i> and <i>T</i>	Minimum Pipe Wall Thickness of Flanged Nozzles ^b <i>t_n</i>	Maximum Diameter of Hole in Shell Plate (<i>D_p</i>) Equals Outside Diameter of Pipe Plus	Size of Fillet Weld <i>B</i>	Size of Fillet Weld <i>A</i>	
				Nozzles Larger Than NPS 2	NPS 3/4 to 2 Nozzles
3/16	1/2	5/8	3/16	1/4	1/4
1/4	1/2	5/8	1/4	1/4	1/4
5/16	1/2	5/8	5/16	1/4	1/4
3/8	1/2	5/8	3/8	1/4	1/4
7/16	1/2	5/8	7/16	1/4	1/4
1/2	1/2	5/8	1/2	1/4	5/16
9/16	1/2	3/4	9/16	1/4	5/16
5/8	1/2	3/4	5/8	5/16	5/16
11/16	1/2	3/4	11/16	5/16	5/16
3/4	1/2	3/4	3/4	5/16	5/16
13/16	1/2	3/4	13/16	3/8	5/16
7/8	1/2	3/4	7/8	3/8	5/16
15/16	1/2	3/4	15/16	3/8	5/16
1	1/2	3/4	1	7/16	5/16
1 1/16	9/16	3/4	1 1/16	7/16	5/16
1 1/8	9/16	3/4	1 1/8	7/16	5/16
1 3/16	5/8	3/4	1 3/16	1/2	5/16
1 1/4	5/8	3/4	1 1/4	1/2	5/16
1 5/16	11/16	3/4	1 5/16	1/2	5/16
1 3/8	11/16	3/4	1 3/8	9/16	5/16
1 7/16	3/4	3/4	1 7/16	9/16	5/16
1 1/2	3/4	3/4	1 1/2	9/16	5/16
1 9/16	13/16	3/4	1 1/2	9/16	5/16
1 5/8	13/16	3/4	1 1/2	5/8	5/16
1 11/16	7/8	3/4	1 1/2	5/8	5/16
1 3/4	7/8	3/4	1 1/2	5/8	5/16

^aIf a shell plate thicker than required is used for the product and hydrostatic loading (see 5.6), the excess shell-plate thickness, within a vertical distance both above and below the centerline of the hole in the tank shell plate equal to the vertical dimension of the hole in the tank shell plate, may be considered as reinforcement, and the thickness *T* of the nozzle reinforcing plate may be decreased accordingly. In such cases, the reinforcement and the attachment welding shall conform to the design limits for reinforcement of shell openings specified in 5.7.2.

^bThis column applies to flanged nozzles NPS 26 and larger. See 4.5 for piping materials.

^cNote: See Figure 5-8.

Fuente: API 650. Tanques de almacenamiento. 2012. Tabla 5-7b. pág. 5-31.

TABLA N° 7.15

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.



Hoja de Datos de Seguridad de Materiales

Pág. 1 de 5
Edición: Diciembre 2013

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO E INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre : GASOLINA DE 95 OCTANOS

2. COMPOSICIÓN

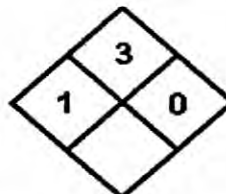
La Gasolina de 95 octanos está constituida por una mezcla de hidrocarburos saturados, olefinas, naftenos y aromáticos, en el rango aprox. de C₅ a C₁₂.

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El producto es una sustancia combustible e inflamable. Libera vapores que pueden formar mezclas explosivas con el aire.

La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association) es:

- Salud : 1
- Inflamabilidad : 3
- Reactividad : 0



9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Transparente, color azul y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C	: 0.73 - 0.76 aprox.
PUNTO DE INFLAMACION, °C	: < 0
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 1.4 a 7.6 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: 280 aprox.
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insoluble.
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Se realiza generalmente en embarcaciones y camiones cisterna debidamente identificados. El transporte se realiza de acuerdo a las normas de seguridad vigentes.

- Código Naciones Unidas : UN 1203
- Señalización pictórica, NTP 399.015.2001 :



Fuente: *PETROPERÚ S.A. Hoja de datos de seguridad. 2013. pág. 1. 3. 4.*

**TABLA N° 7.16
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**

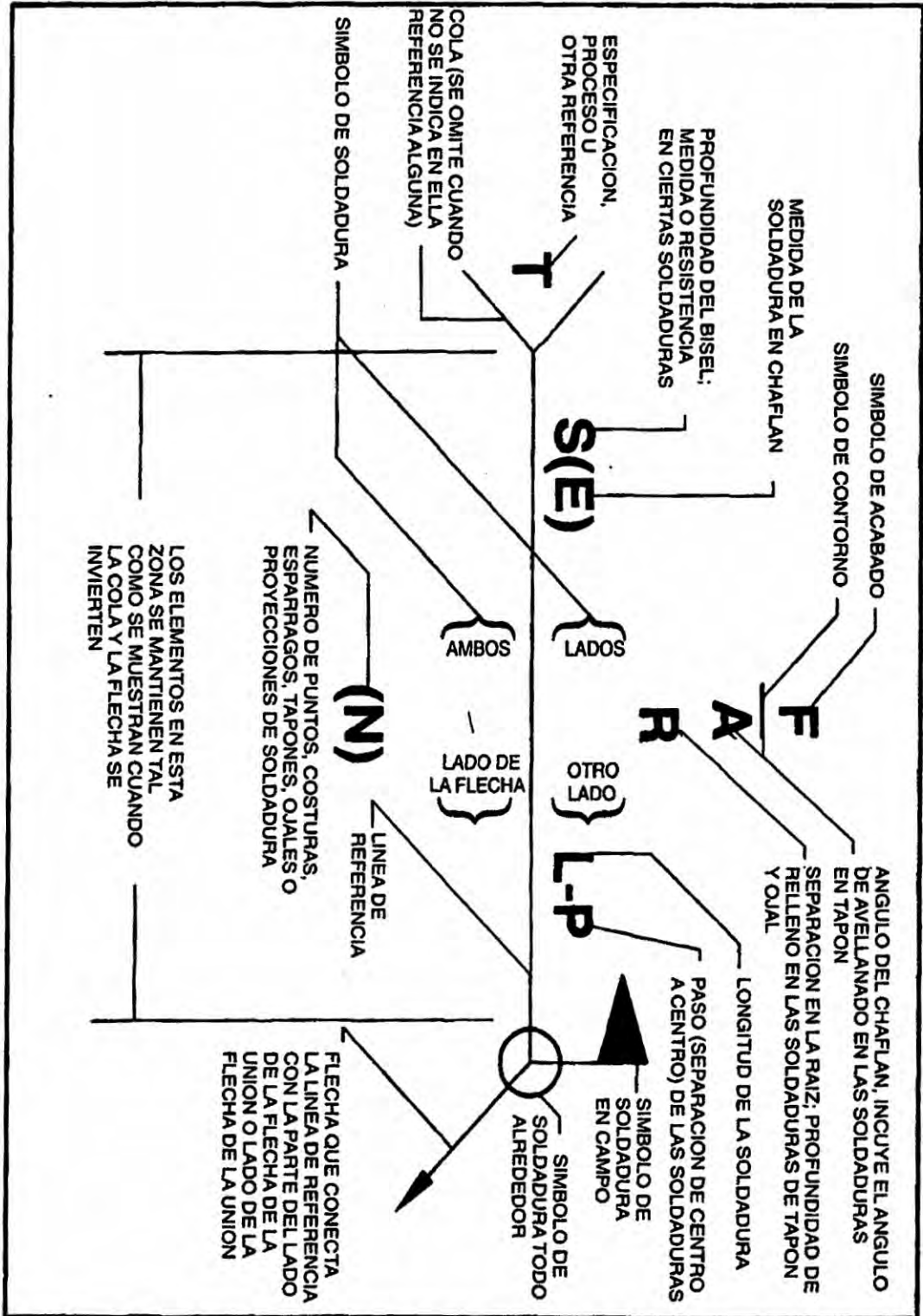
(Conforme al Reglamento CE N° 1907/2006 - REACH y Reglamento CE N° 1272/2008 - CLP)

GAS LICUADO DE PETRÓLEO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO			
Empresa: REFINERÍA LA PAMPILLA, S.A.A. Dirección: Casilla Postal 10245 Km. 25 Carretera a Ventanilla. Lima-1 PERU Tel# (51-1) 517-2021 (51-1) 517-2022 Fax# (51-1) 517-2026 Dirección Electrónica: NP	Nombre comercial: GAS LICUADO DE PETRÓLEO		
	Nombre químico: Mezclas de propanos y butanos		
	Sinónimos: GLP (Gas Licuado de Petróleo)		
	Fórmula: Hidrocarburos, ricos en C ₃ -C ₄		
	Uso: Propelente. Combustible.		
	N° Registro: NP	N° CAS: 68512-91-4	
	N° CE (EINECS): 270-990-9	N° Anexo I (Dir. 67/548/CEE): 649-083-00-0	
3. COMPOSICIÓN			
Composición general: Combinación compleja de hidrocarburos producida por destilación y condensación del petróleo crudo. Compuesta de hidrocarburos con un número de carbonos dentro del intervalo de C ₃ a C ₅ , en su mayor parte de C ₃ a C ₄ .			
Componentes peligrosos (Dir.67/548/CEE o Dir.1999/45/CE)	Rango %	Clasificación	Frasas S
Hidrocarburos, ricos en C ₃₋₄ , destilado del petróleo; Gases de petróleo. (1,3-butadieno < 0.1%).	> 99	F+; R12	S(2)-9-16-33
Componentes peligrosos Reg.(CE) 1272/2008 (CLP)	Rango %	Indicaciones de peligro	Consejos de Prudencia
Hidrocarburos, ricos en C ₃₋₄ , destilado del petróleo; Gases de petróleo. (1,3-butadieno < 0.1%)	>99	H220; H280	P(102); P202; P281; P210; P304+P340; P410+P403
9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS			
Aspecto: Gas licuado	pH: 6 - 8		
Color: Incoloro	Olor: Característico, reforzado por derivados sulfurados.		
Punto de ebullición: (-26.48 °C) - (-0.34 °C)	Punto de fusión/congelación: NP		
Punto de inflamación/Inflamabilidad: (-96.8 °C) - (-75.9 °C)	Autoinflamabilidad: >400°C		
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo: 1.50 - 1.59% Límite superior explosivo: 8.99 - 9.37%	Propiedades comburentes: NP		
Presión de vapor: 7.5 Kg/cm ² máx. a 50 °C (ASTM D2598)	Densidad: 0.560 g/cm ³ mín. a 15 °C (ASTM D1657)		
Tensión superficial: 14-16 dinas/cm a 0 °C (gas licuado)	Viscosidad: NP		
Densidad de vapor: 1.5 - 2 (aire=1)	Coef. reparto (n-octanol/agua): logK _{octanol/agua} : 2.36 - 2.89		
Hidrosolubilidad: 0.0047% vol/vol	Solubilidad: En disolventes orgánicos.		
Otros datos: Azufre total: 50 ppm máx.			
Poder calorífico superior: 11800 Kcal/Kg mín.			
Olefinas totales: 20% máx. (ASTM D2163)			

Fuente: REPSOL S.A.C. Hoja de datos de seguridad. 2011. pág. 1, 2, 4.

TABLA N° 7.17
SÍMBOLOS DE SOLDEO



Fuente: ANSI/AWS A2.4-2012. Situación normalizada de los elementos de un símbolo de soldeo. fig. 2. pág. 3.

TABLA N° 7.18
SÍMBOLOS DE SOLDEO

CHAFLAN									
PLANO	INCLINADO	V	BISEL	U	J	ENSANCHADA V	BISEL ENSANCHADO		
ANGULO	TAPON U OVAL	ESPARRA- GO	PUNTO O PROYECCION	COSTURA	REVERSO O RESPALDO	RECARGUE	BORDE		
							CANTO	ESQUINA	
SOLDAR TODO AL- REDEDOR	SOLDADURA EN CAMPO	REFUERZO DE RAIZ	INSERTO CONSUMIBLE (PLANO)	RESPALDO O SEPARADOR (RECTANGU- LAR)	CONTORNO				
					A PAÑO O PLANO	CONVEXO	CONCAVO		

NOTA: La línea de referencia se muestra a trazos con fines ilustrativos.

Fuente: ANSI/AWS A2.4-2012. Símbolos de soldadura. fig. 1-3. pág. 2-3.

**TABLA N° 7.19
SÍMBOLOS DE SOLDEO**

Filete	Tapón o ranura alargada	Puntos o resalto	Costura	De ranura							De respaldo	De recubrimiento o superficial	De brida	
				Encuadrada	V	Biselada	U	J	Acampanada	De bisel y acampanada			De orilla	De esquina

SIMBOLOS DE SOLDADURAS DE ARCO Y DE GAS												
TIPO DE SOLDADURA										Soldado en Obra	Soldado todo alrededor	Enrasado
Lenticular	Filete	RANURA					Ranura y Tapon					
		Recta	V	Bisel	U	J						

J			
V			
$\frac{1}{2} V$			
U			
J			

Fuente: ANSI/AWS A2.4-2012. Símbolos de soldadura con preparación de bisel.

TABLA N° 7.20
TAMAÑOS MÍNIMOS DE LA SOLDADURA DE FILETE

Espesor del Metal Base (T) ^a		Tamaño Mínimo de la Soldadura de Filete ^b	
pulg.	mm	pulg.	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	1/8 (Nota c)	3 (Nota c)
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	3/16	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	1/4	6
$3/4 < T$	$20 < T$	5/16	8

Fuente: AWS D1.1/D1.1M. Tabla 5.8. 2010. pág. 217.

TABLA N° 7.21
ÁREAS DE ESFUERZOS DE ROSCAS ESTÁNDAR AMERICANO

DIÁMETRO NOMINAL Pulg.	ROSCA GRUESA			ROSCA FINA		
	HILOS POR PULG.	ÁREA DE ESFUERZO		HILOS POR PULG.	ÁREA DE ESFUERZO	
		Pulg. ²	mm ²		Pulg. ²	mm ²
1/4	20	0.0318	20.53	28	0.0364	23.47
5/16	18	0.0524	33.83	24	0.0581	37.46
3/8	16	0.0775	50.00	24	0.0878	56.66
7/16	14	0.1063	68.59	20	0.1187	76.59
1/2	13	0.1419	91.55	20	0.1600	103.2
1/2	12	0.1378	88.88			
9/16	12	0.1819	117.4	18	0.2030	131.0
5/8	11	0.2260	145.8	18	0.2560	165.1
3/4	10	0.3345	215.8	16	0.3730	240.6
7/8	9	0.4617	297.9	14	0.5095	328.7
1	8	0.6057	390.8	12	0.6630	427.8
1 1/8	7	0.7633	492.4	12	0.8557	552.1
1 1/4	7	0.9691	625.2	12	1.0729	692.2
1 3/8	6	1.1549	745.1	12	1.3147	848.2
1 1/2	6	1.4053	906.6	12	1.5810	1020.
1 3/4	5	1.8995	1225.	12	2.1875	1411.
2	4.5	2.4982	1612.	12	2.8917	1866.
2 1/4	4.5	3.2477	2095.	12	3.6943	2383.
2 1/2	4	3.9988	2580.	12	4.5951	2965.
2 3/4	4	4.9340	3183.	12	5.5940	3609.
3	4	5.9674	3850.	12	6.6912	4317.

Fuente: Juan Hori. Diseño de elementos de máquinas. 2ª ed. Tabla 1. pág. 19.

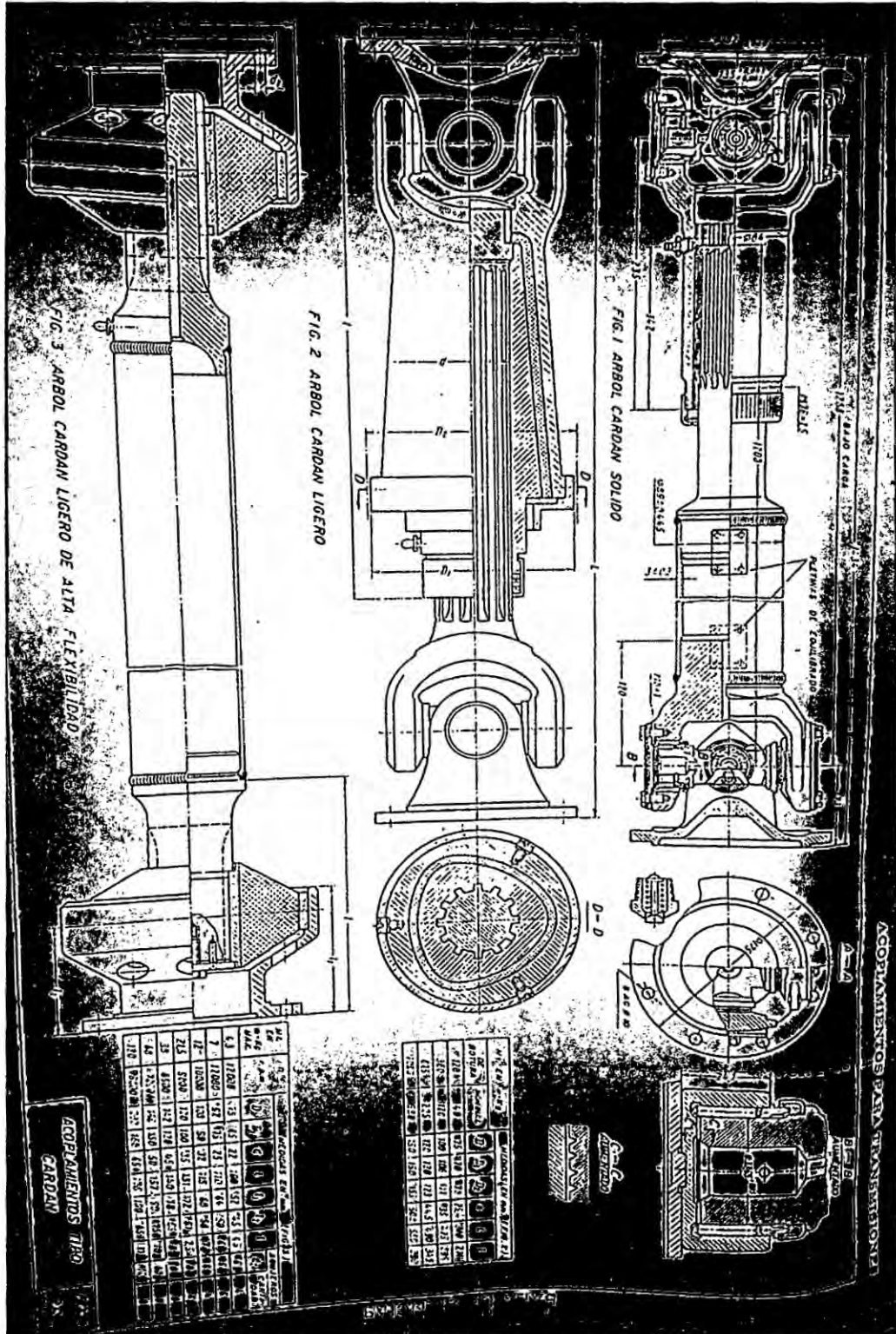
TABLA N° 7.22
 ESPECIFICACIÓN SAE PARA MATERIALES DE PERNOS

ESPECIFICACION SAE PARA MATERIALES DE PERNOS							
MARCA DE IDENTIFICACION.	DESIGNACION SAE GRADO:	TIPO DE ACERO	DIAMETRO PULG	CARGA DE PRUEBA Kg/mm ²	ESFUERZO DE ROTURA Kg/mm ²	DUREZA BHN	OBSERVACIONES
—	0	—	1/4 - 1 1/2	—	—	—	SAE: 1010, 1012, 1013, 1018
—	1	Bajo %C	1/4 - 1 1/2	—	38.7	207 máx	SAE: 1010, 1013, 1018 ASTM A307 grado B
—	2	Bajo y Medio %C	1/4 - 1/2 9/16 - 3/4 7/8 - 1 1/2	38.7 36.6 19.7	48.6 45.1 38.7	241 máx 241 máx 207 máx	SAE: 1015, 1018, 1020
—	3	Medio % O. Tratado en frío	1/4 - 1/2 9/16 - 5/8	59.9 56.3	77.5 70.4	207/269 207/269	SAE: 1030, 1035, 1038
—	5	Medio % C. Templado y revenido	1/4 - 3/4 7/8 - 1 1 - 1 1/2	59.9 54.9 52.1	84.5 81.0 73.9	241/302 235/302 223/285	SAE: 1035, 1038, 1040, 1045 ASTM A449, A325
—	6	Medio %C Templado y reven.	1/4 - 5/8 9/16 - 3/4	77.5 73.9	98.6 93.7	285/331 269/331	
—	7	Alto. Templado y reven.	1/4 - 1 1/2	73.9	93.7	269/321	Rosca laminada después del tratamiento térmico.
—	8	Alto. Templado y reven.	1/4 - 1 1/2	84.5	105.6	302/352	SAE: 8635, 8640, 8645, 4037. ASTM A354 grado BD, A490

* Valores de esfuerzos mínimos.

Fuente: Juan Hori. Diseño de elementos de máquinas. 2ª ed. Tabla 5. pag. 21.

TABLA N° 7.23
 ACOPLAMIENTOS TIPO CARDÁN



ACOPLAMIENTOS TIPO
 CARDAN

Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)
10	12	15	20	25	30	35	40	50	60
75	80	90	100	110	120	130	140	150	160
170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
370	380	390	400	410	420	430	440	450	460
470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
670	680	690	700	710	720	730	740	750	760
770	780	790	800	810	820	830	840	850	860
870	880	890	900	910	920	930	940	950	960
970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060

Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)	Diámetro del eje (mm)
10	12	15	20	25	30	35	40	50	60
75	80	90	100	110	120	130	140	150	160
170	180	190	200	210	220	230	240	250	260
270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
370	380	390	400	410	420	430	440	450	460
470	480	490	500	510	520	530	540	550	560
570	580	590	600	610	620	630	640	650	660
670	680	690	700	710	720	730	740	750	760
770	780	790	800	810	820	830	840	850	860
870	880	890	900	910	920	930	940	950	960
970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060

Fuente: Beláev. Atlas de máquinas y mecanismos. 8ª ed. Hoja 264.

TABLA N° 7.25
COEFICIENTES TOTALES PARA DISEÑO

VALORES APROXIMADOS DE LOS COEFICIENTES TOTALES PARA DISEÑO.
LOS VALORES INCLUYEN UN FACTOR DE OBSTRUCCION TOTAL DE 0.003 Y CAIDA DE PRESION PERMISIBLE DE 5 A 10 LB/PULG² EN LA CORRIENTE QUE CONTROLA.

Enfriadores

Fluido caliente	Fluido frío	U_0 total
Agua	Agua	250 - 500 ^a
Metanol	Agua	250 - 500 ^a
Amoniaco	Agua	250 - 500 ^a
Soluciones acuosas	Agua	250 - 500 ^a
Sustancias organicas ligeras ¹	Agua	75 - 150
Sustancias organicas medias ²	Agua	50 - 125
Sustancias organicas pesadas ³	Agua	5 - 75
Gases ⁴	Agua	2 - 50 ^b
Agua	Salmuera	100 - 200
Sustancias organicas ligeras	salmuera	40 - 100

Calentadores

Fluido caliente	Fluido frío	U_0 total
Vapor de Agua	Agua	200 - 700 ^a
Vapor de Agua	Metanol	200 - 700 ^a
Vapor de Agua	Amoniaco	200 - 700 ^a
Vapor de Agua	Soluciones acuosas :	
Vapor de Agua	Menos de 2.0 cp	200 - 700 ^a
Vapor de Agua	Mas de 2.0 cp	100 - 500 ^a
Vapor de Agua	Sustancias organicas ligeras	50 - 100
Vapor de Agua	Sustancias organicas ligeras	100 - 200
Vapor de Agua	Sustancias organicas ligeras	6 - 60 ^b
Vapor de Agua	Gases	5 - 50 ^b

Intercambiadores

Fluido caliente	Fluido frío	U_0 total
Agua	Agua	250 - 500 ^a
Soluciones acuosas	Soluciones acuosas	250 - 500 ^a
Sustancias organicas ligeras	Sustancias organicas ligeras	40 - 75
Sustancias organicas medias	Sustancias organicas medias	20 - 60
Sustancias organicas pesadas	Sustancias organicas pesadas	10 - 40
Sustancias organicas pesadas	Sustancias organicas pesadas	30 - 60
Sustancias organicas ligeras	Sustancias organicas ligeras	10 - 40

¹ Las sustancias organicas ligeras son fluidos con viscosidades menores de 0.5 centipoises e incluyen benceno, tolueno, acetona, etanol, metil-etil-cetona, gasolina, kerosen y nafta.

² Las sustancias organicas medias tienen viscosidades de 0.5 a 1.0 centipoises e incluyen kerosen, strawoil, gasoil caliente, aceite de absorbedor caliente y algunos crudos.

³ Las sustancias organicas pesadas tienen viscosidades mayores de 1.0 centipoises e incluyen gasoil frío, aceites lubricantes, petroleo combustible, petroleo crudo reducido, breas y asfaltos.

⁴ Factor de obstruccion 0.001.

^a Caída de presión de 20 a 30 lb/pulg².

^b Los valores están influenciados grandemente por la presión de operación.

Fuente: Robert Perry, Manual del ingeniero Químico. Tabla 8, 3ª ed. pag. 945.

**TABLA N° 7.26
DISPOSICIÓN DE LOS ESPEJOS DE TUBOS**

TABLA 9. DISPOSICION DE LOS ESPEJOS DE TUBOS (NUMERO DE TUBOS), ARREGLO EN CUADRO.											
Tubos de 1/2" DE, arreglo en cuadro de 1"						Tubos de 1" DE, arreglo en cuadro de 1 1/4"					
Coraza Di, Plg	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P	Coraza Di, Plg	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P
8	32	26	20	20		8	21	16	14		
10	52	52	40	36		10	32	32	26	24	
12	81	76	68	68	60	12	48	45	40	38	36
13 1/4	97	90	82	76	70	13 1/4	61	56	52	48	44
15 1/4	137	124	116	108	108	15 1/4	81	76	68	68	64
17 1/4	177	166	158	150	142	17 1/4	112	112	96	90	82
19 1/4	224	220	204	192	188	19 1/4	138	132	128	122	116
21 1/4	277	270	246	240	234	21 1/4	177	166	158	152	148
23 1/4	341	324	308	302	292	23 1/4	213	208	192	184	184
25	413	394	370	356	346	25	260	252	238	226	222
27	481	460	432	420	408	27	300	288	278	268	260
29	553	526	480	468	456	29	341	326	300	294	286
31	657	640	600	580	560	31	406	398	380	368	358
33	749	718	688	676	648	33	465	460	432	420	414
35	845	824	780	766	748	35	522	518	488	484	472
37	934	914	886	866	838	37	596	574	562	544	532
39	1049	1024	982	968	948	39	665	644	624	612	600
Tubos de 1 1/4" DE, arreglo en cuadro de 1 9/16"						Tubos de 1 1/2" DE, arreglo en cuadro de 1 7/8"					
10	16	12	10								
12	30	24	22	16	16	12	16	16	12	12	
13 1/4	32	30	30	22	22	13 1/4	22	22	16	16	
15 1/4	44	40	37	35	31	15 1/4	29	29	25	24	22
17 1/4	56	53	51	48	44	17 1/4	39	39	34	32	29
19 1/4	78	73	71	64	56	19 1/4	50	48	45	43	39
21 1/4	96	90	86	82	78	21 1/4	62	60	57	54	50
23 1/4	127	112	106	102	96	23 1/4	78	74	70	66	62
25	140	135	127	123	115	25	94	90	86	84	78
27	166	160	151	146	140	27	112	108	102	98	94
29	193	188	178	174	166	29	131	127	120	116	112
31	226	220	209	202	193	31	151	146	141	138	131
33	258	252	244	238	226	33	176	170	164	160	151
35	293	287	275	268	258	35	202	196	188	182	170
37	334	322	311	304	293	37	224	220	217	210	202
39	370	362	348	342	336	39	252	246	237	230	221

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 9. 3ª ed. pag. 946.

TABLA N° 7.27
DISPOSICIÓN DE LOS ESPEJOS DE TUBOS

DISPOSICIÓN DE LOS ESPEJOS DE TUBOS (NÚMERO DE TUBOS) (CONTINUA)

ARREGLO TRIANGULAR

Tubos de 3/4" DE, arreglo triangular de 15/16"						Tubos de 7/8" DE, arreglo triangular de 1"					
Coraza Dl. (Pulg)	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P	Coraza Dl. (Pulg)	1-P	2-P	4-P	6-P	8-P
0	36	32	26	24	18	0	37	30	24	21	
10	62	56	47	42	36	10	61	52	40	36	
12	109	98	86	82	78	12	92	82	76	74	70
13 1/4	127	114	98	90	86	13 1/4	109	106	86	82	74
15 1/4	170	160	140	136	128	15 1/4	151	138	122	118	110
17 1/4	239	224	194	188	178	17 1/4	203	196	178	172	166
19 1/4	301	282	252	244	234	19 1/4	262	250	226	216	210
21 1/4	361	342	314	306	290	21 1/4	316	302	278	272	260
23 1/4	442	420	386	378	364	23 1/4	384	376	352	342	328
25	532	506	468	446	434	25	470	452	422	394	382
27	637	602	550	536	524	27	559	534	488	474	464
29	721	692	640	620	594	29	630	604	556	538	508
31	847	822	766	722	720	31	745	728	678	666	640
33	974	938	878	852	826	33	856	830	774	760	732
35	1102	1068	1004	988	958	35	970	938	882	864	848
37	1240	1200	1144	1104	1072	37	1074	1044	1012	986	870
39	1377	1330	1258	1248	1212	39	1206	1176	1128	1100	1078
Tubos de 1" DE, arreglo triangular de 1 1/4"						Tubos de 1 1/4" DE, arreglo triangular de 1 9/16"					
8"	21	16	16	14		10	20	18	14		
10	32	32	26	24		12	32	30	26	22	20
12	55	52	48	46	44	13 1/4	38	36	32	28	26
13 1/4	68	66	58	54	50	15 1/4	54	51	45	42	38
15 1/4	91	86	80	74	72	17 1/4	69	66	62	58	54
17 1/4	131	118	106	104	94	19 1/4	95	91	86	78	69
19 1/4	163	152	140	136	128	21 1/4	117	112	105	101	95
21 1/4	199	188	170	164	160	23 1/4	140	136	130	123	117
23 1/4	241	232	212	212	202	25	170	164	155	150	140
25	294	282	256	252	242	27	202	196	185	179	170
27	349	334	302	296	286	29	235	228	217	212	202
29	397	376	338	334	316	31	275	270	255	245	235
31	472	454	430	424	400	33	315	305	297	288	275
33	538	522	486	470	454	35	357	348	335	327	315
35	608	592	562	546	532	37	407	390	380	374	357
37	674	664	632	614	598	39	449	436	425	419	407
39	766	736	700	688	672						

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 9. 3ª ed. pag. 947.

TABLA N° 7.28
TUBOS DE ARREGLO TRIANGULAR

Tubos de 1 7/8" DE arreglo triangular de
1 7/8"

12	18	14	14	12	12
13 1/4	27	22	18	16	14
15 1/4	36	34	32	30	27
17 1/4	48	44	42	38	36
19 1/4	61	58	55	51	48
21 1/4	76	72	70	66	61
23 1/4	95	91	86	80	76
25	115	110	105	98	95
27	136	131	125	118	115
29	160	154	147	141	136
31	184	177	172	165	160
33	215	206	200	190	184
35	246	238	230	220	215
37	275	268	260	252	246
39	307	299	290	284	275

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Apéndice.

**TABLA N° 7.29
DATOS DE TUBOS**

TABLA 10. DATOS DE TUBOS PARA CONDENSADORES E INTERCAMBIADORES DE CALOR.

Tubo DE, Ptg.	BWG	ESPESOR DE LA PARED	DI. Ptg.	AREA DE FLUJO POR TUBO, Ptg.	SUPERFICIE POR PIE		PESO POR PIE LINEAL, Lb. DE ACERO
					EXTERIOR	INTERIOR	
1/2	12	0.109	0.282	0.0625	0.1309	0.0748	0.498
	14	0.083	0.334	0.0876		0.0874	0.408
	16	0.065	0.370	0.1076		0.0969	0.329
	18	0.049	0.402	0.1270		0.1052	0.258
	20	0.035	0.430	0.1450		0.1125	0.190
3/4	10	0.134	0.482	0.182	0.1983	0.1263	0.555
	11	0.120	0.510	0.204		0.1335	0.684
	12	0.109	0.532	0.223		0.1393	0.817
	13	0.095	0.560	0.247		0.1466	0.927
	14	0.083	0.584	0.268		0.1529	1.017
	15	0.072	0.606	0.289		0.1587	1.091
	16	0.065	0.620	0.302		0.1623	1.150
	17	0.058	0.634	0.314		0.1660	1.196
	18	0.049	0.652	0.334		0.1707	1.231
1	8	0.165	0.670	0.355	0.2618	0.1754	1.61
	9	0.148	0.704	0.389		0.1843	1.47
	10	0.134	0.732	0.421		0.1916	1.35
	11	0.120	0.760	0.455		0.1990	1.23
	12	0.109	0.782	0.479		0.2048	1.14
	13	0.095	0.810	0.515		0.2121	1.00
	14	0.083	0.834	0.546		0.2183	0.890
	15	0.072	0.856	0.576		0.2241	0.791
	16	0.065	0.870	0.594		0.2277	0.710
1 1/4	8	0.165	0.920	0.665	0.3271	0.2409	2.09
	9	0.148	0.954	0.714		0.2498	1.91
	10	0.134	0.982	0.757		0.2572	1.75
	11	0.120	1.01	0.800		0.2644	1.58
	12	0.109	1.03	0.838		0.2701	1.45
	13	0.095	1.06	0.884		0.2775	1.28
	14	0.083	1.08	0.923		0.2839	1.13
	15	0.072	1.11	0.960		0.2896	1.031
	16	0.065	1.12	0.985		0.2932	0.900
1 1/2	8	0.165	1.17	1.075	0.3925	0.3063	2.67
	9	0.148	1.20	1.14		0.3152	2.41
	10	0.134	1.23	1.19		0.3225	2.04
	11	0.120	1.26	1.25		0.3299	1.88
	12	0.109	1.28	1.28		0.3356	1.77
	13	0.095	1.31	1.35		0.3400	1.63
	14	0.083	1.33	1.40		0.3432	1.57
	15	0.072	1.35	1.44		0.3458	1.50
	16	0.065	1.37	1.47		0.3487	1.40
1 3/4	8	0.165	1.40	1.51	0.4576	0.3570	2.91
	9	0.148	1.43	1.58		0.3652	2.61
	10	0.134	1.46	1.65		0.3725	2.34

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 10. 3ª ed. pag. 948.

**TABLA N° 7.30
DIMENSIONES DE TUBERÍAS DE ACERO**

TABLA 11. DIMENSIONES DE TUBERIA DE ACERO (IPS)

Tamaño nominal del tubo (PS, Plg.)	O.E. plg.	Cadaño No.	O.I. Plg.	Área de flujo por tubo, plg ²	SUPERFICIE POR PIE		Peso por 20' lineal, Lb. de acero.
					Lineal, Ft ² /pie	INTERIOR	
					EXTERIOR		
1/8	0.405	40"	0.269	0.058	0.109	0.070	0.25
		80"	0.215	0.036			0.12
1/4	0.540	40"	0.384	0.104	0.141	0.095	0.43
		80"	0.302	0.072			0.52
3/8	0.675	40"	0.493	0.182	0.177	0.129	0.57
		80"	0.423	0.141			0.70
1/2	0.840	40"	0.672	0.304	0.220	0.163	0.65
		80"	0.546	0.235			0.69
3/4	1.05	40"	0.824	0.534	0.275	0.216	0.89
		80"	0.742	0.432			0.98
1	1.32	40"	1.049	0.864	0.344	0.274	1.08
		80"	0.957	0.718			1.17
1 1/4	1.66	40"	1.380	1.50	0.435	0.382	1.28
		80"	1.278	1.28			1.30
1 1/2	1.90	40"	1.610	2.04	0.498	0.422	1.72
		80"	1.500	1.76			1.84
2	2.38	40"	2.067	3.35	0.622	0.542	2.03
		80"	1.939	2.95			2.08
2 1/2	2.88	40"	2.469	4.79	0.753	0.647	2.30
		80"	2.323	4.23			2.37
3	3.50	40"	3.068	7.38	0.917	0.804	2.58
		80"	2.900	6.61			2.63
4	4.50	40"	4.026	12.7	1.178	1.055	2.88
		80"	3.826	11.5			2.90
6	6.625	40"	6.065	28.9	1.734	1.590	3.10
		80"	5.761	26.1			3.16
8	8.625	40"	7.981	50.0	2.258	2.090	3.36
		80"	7.625	45.7			3.40
10	10.75	40"	10.02	78.8	2.814	2.62	3.65
		60"	9.75	74.6			3.68
12	12.75	30	12.09	115	3.338	3.17	3.90
14	14.0	30	13.25	138	3.665	3.47	4.06
16	16.0	30	15.25	183	4.109	4.00	4.28
18	18.0	20	17.25	224	4.712	4.52	4.77
20	20.0	20	19.25	281	5.236	5.05	4.96
22	22.0	20	21.25	355	5.777	5.58	5.10
24	24.0	20	23.25	429	6.283	6.09	5.17

¹ Comúnmente conocido como estándar.
² Comúnmente conocido como extragrueso.
³ aproximadamente.

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 11. 3ª ed. pag. 949.

**TABLA N° 7.31
FACTORES DE OBSTRUCCIÓN**

TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION¹

Temperatura del medio calefactor	Hasta 240°F		240-400°F	
Temperatura del agua	120°F		Medio 120°F	
Agua	Velocidad del agua, pps.		Velocidad del agua, pps.	
	3 pies o menos	Más de 3 pies	3 pies o menos	Más de 3 pies
Agua de mar	0.0005	0.0005	0.001	0.001
Salmuera natural	0.002	0.001	0.003	0.002
Torre de enfriamiento y tanque con rocío artificial:				
Agua de compensación tratada	0.001	0.001	0.002	0.002
Sin tratar	0.003	0.003	0.005	0.004
Agua de la ciudad o de pozo (como grandes Lagos)	0.001	0.001	0.002	0.002
Grandes Lagos	0.001	0.001	0.002	0.002
Agua de río:				
Mínimo	0.002	0.001	0.003	0.022
Mississippi	0.003	0.002	0.004	0.003
Delaware, Schylkill	0.003	0.002	0.004	0.003
East River y New York Bay	0.003	0.002	0.004	0.003
Canal sanitario de Chicago	0.008	0.006	0.010	0.008
Lodosa o turbia	0.003	0.002	0.004	0.003
Dura (más de 15 granos/gal)	0.003	0.003	0.005	0.005
Enfriamiento de máquinas	0.001	0.001	0.001	0.001
Destilada	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
Alimentación tratada para calderas	0.001	0.0005	0.001	0.001
Purga de calderas	0.002	0.002	0.002	0.002

¹ Las cifras de las últimas columnas dos columnas se basan en una temperatura del medio calefactor de 240 a 400°F. Si la temperatura de este medio es mayor de 400°F, y si se sabe que el medio enfriador forma depósitos, estas cifras deben modificarse convenientemente.

Fuente: Robert Perry. *Manual del ingeniero Químico*. Tabla 12. 3ª ed. pag. 950.

**TABLA N° 7.32
FACTORES DE OBSTRUCCIÓN**

TABLA 12. FACTORES DE OBSTRUCCION (continua)
FRACCIONES DE PETRÓLEO

Aceites (Industriales):		Líquidos (Industriales):	
Combustible	0.005	Organicos	0.001
Aceite de recirculacion limpio	0.001	Líquidos refrigerantes, calefaccion, enfriadores o evaporantes	0.001
Aceites para maquinas y transformadores	0.001	Salmueras (enfriamiento)	0.001
Aceite para quenching	0.004	Unidades de destilacion atmosferica	
Aceites vegetales	0.003	Fondos residuales, menos de 25° API	0.005
Gases, vapores (industriales):		Fondos residuales, de 25° API o más	0.002
Gas de hornos de coque, gas manufacturado	0.01	Unidades de destilacion atmosferica	
Gases de escape de maquinas Diesel	0.01	Vapores superiores sin tratar	0.0013
Vapores organicos	0.0005	Vapores superiores tratados	0.003
Vapor (sin aceite)	0.0	Cortes intermedios	0.0013
Vapores de alcohol	0.0	Unidades de destilacion al vacio	
Vapor, de escape (con aceite)	0.001	Vapores superiores a aceite	
Vapores refrigerantes (condensando de compresores reciprocantes)	0.002	De la torre de burbujeo (condensador parcial)	0.001
Aire	0.002	Del tanque flash (sin reflujo apreciable)	0.003
Vapores superiores en condensadores enfriados por agua:		Aceite delgado	0.002
De la torre de burbujeo (condensador final)	0.001	Vapores superiores	0.001
Del tanque flash	0.04	Gasolina	0.0005
Cortes intermedios:		Debutanizador, Depropanizador, Depentanizador y unidades de Alkylacion:	
Aceite	0.001	Alimento	0.001
Para agua	0.002	Vapores superiores	0.001
Fondos residuales, menos de 20° API	0.005	Enfriadores de producto	0.001
Fondos residuales, más de 20° API	0.002	Calderetas de producto	0.002
Estabilizador de gasolina natural		Alimento del reactor	0.002
Alimento	0.0005	Unidades de tratamiento de lubrificantes	
Vapores superiores	0.0005	Alimento de aceite solvente	

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 12. 3ª ed. pag. 951.

**TABLA N° 7.33
FACTORES DE OBSTRUCCIÓN**

FACTORES DE OBSTRUCCIÓN DEL OBTENEDOR DE VAPOR		FACTORES DE OBSTRUCCIÓN DEL OBTENEDOR DE VAPOR	
Calderas de agua	0.0005	Vapores de agua	
Calderas de producto	0.001	Aceite refinado	0.001
Unidades de eliminación de H ₂ S:		Intercambiadores enfriados por agua	0.001
Para vapores superiores	0.001	Gomas y brea:	
Intercambiadores enfriados de solución	0.0016	Generadores de vapor enfriados por	0.005
Caldereta	0.0016	aceite	
Unidades Cracking:		Enfriados por agua	0.003
Alimento gas - oil:		Solvente	0.001
Menos de 500 °F	0.002	Unidades desasfaltadoras:	
500 °F y más	0.003	Aceite de alimento	0.002
Alimento de nafta:		Solvente	0.001
Menos de 500 °F	0.002	Asfalto y resina:	
500 °F y más	0.004	Generadores de vapor enfriados por	0.005
Separador de vapores, vapores del		aceite	
separador, tanque flash, y vaporizador	0.006	Enfriados por agua	0.003
Aceite refinado	0.001	Vapores solvente	0.001
Aceite refinado enfriado por agua	0.003	Unidades para eliminar ceras:	
Vapores de la torre de burbujeo	0.002	Aceite lubricante	0.001
Residuo	0.010	Solvente	0.001
Unidades de absorción:		Calentamiento de mezcla aceite - cera	0.001
Gas	0.002	Enfriamiento de mezcla aceite - cera	0.003
Aceite graso	0.002		

CORRIENTES DE ACEITE CRUDO

Sección	0 - 199°F			200 - 299°F			300 - 499°F			500 y más		
	Velocidad, pps											
	Menos de 2 pies	2 - 4 pies	4 pies o más	Menos de 2 pies	2 - 4 pies	4 pies o más	Menos de 2 pies	2 - 4 pies	4 pies o más	Menos de 2 pies	2 - 4 pies	4 pies o más
Seco	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.004	0.003	0.002	0.005	0.004	0.003
Saló	0.003	0.002	0.002	0.005	0.004	0.004	0.006	0.005	0.004	0.007	0.006	0.005

Standard of Tubular Exchanger Manufacturer Association, 2ª ed., New York, 1949

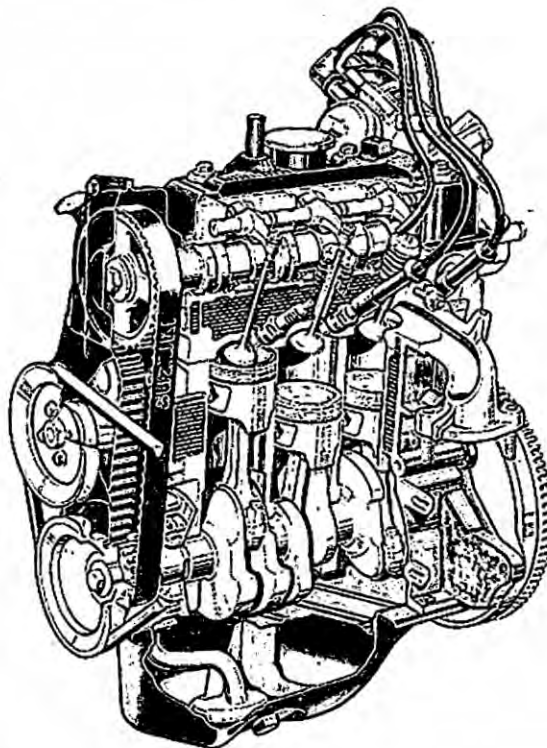
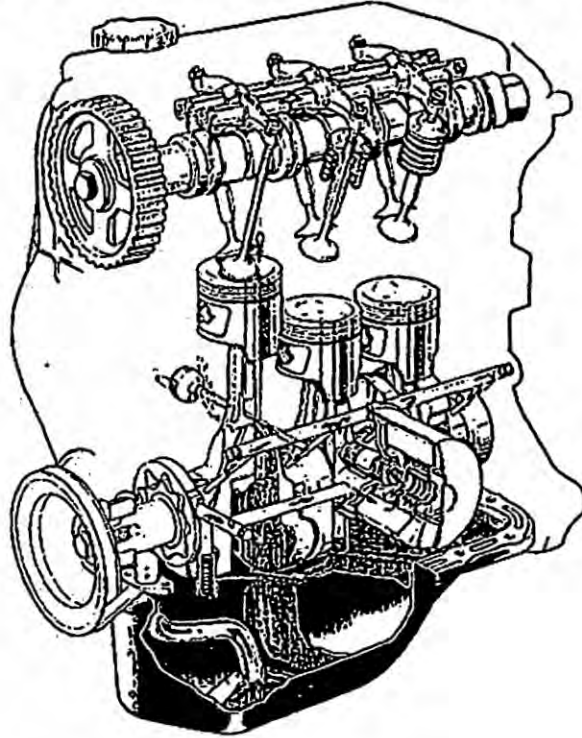
Se han tomado precauciones contra la deposición de cera.

El aceite crudo húmedo-cualquier crudo que no ha sido deshidratado

Fuente: Robert Perry. Manual del ingeniero Químico. Tabla 12. 3ª ed. pag. 952.







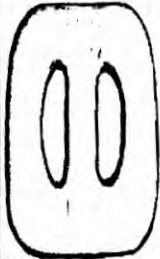







ANEXO N° VIII
BROCHURE (CATÁLOGOS)

CATÁLOGO N° 8.1
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA – DAEWOO - TICO



Fuente: Manual de Taller DAEWOO de TICO

CATÁLOGO Nº 8.2
BASES DEL MCI - DAEWOO - TICO

	SANFOR FABRICA DE AUTOPARTES RIF. 1.09077635-6			www.sanfor.com.ve	
BASES					
	31100 REF: 90279537 BASE CAJA DAEWOO RACER/ESPERO/CIELO		31101 REF: 90250434 BASE MOTOR DERECHO DAEWOO RACER/ESPERO/CIELO		31102 REF: 9018571 BASE AMORTIGUADOR DELANTERO DAEWOO RACER/ESPERO/CIELO
	31103 REF: COLGANTE TUBO EXHOSTO PUNTA DAEWOO		36100 REF: BASE AMORTIGUADOR DELANTERO DAEWOO MATIZ /SPARK 724		38304 REF: BASE MOTOR DEL. IZQ. DAEWOO CIELO/RACER
	38320 REF: BASE MOTOR DEL. DAEWOO TICO		38321 REF: BASE MOTOR TRAS. DAEWOO TICO		38330 REF: BASE CAJA DAEWOO TICO
	38331 REF: BASE BARRA CAMBIOS DAEWOO TICO		38345 REF: 96341722 BASE CAJA DELANTERA IZQ. DAEWOO MATIZ		

Fuente: Manual de Taller DAEWOO de TICO.

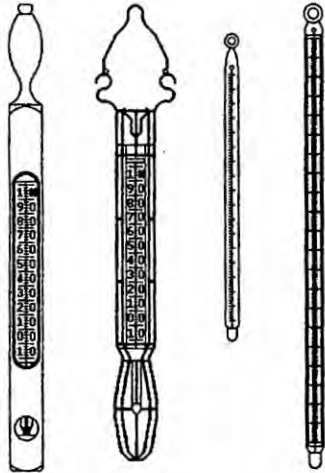
Lubeca Peruana S.A.

Jr. Washington 1017 – Lima 1 Telfs. 4315189 4236413 Fax 4315189
RUC 20100642361 E-Mail : lubeca44@hotmail.com.pe

CATÁLOGO Nº 8.3

MANÓMETROS & TERMÓMETROS

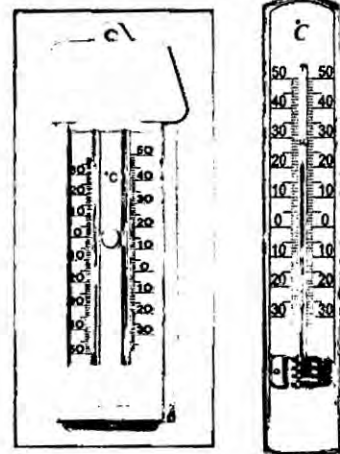
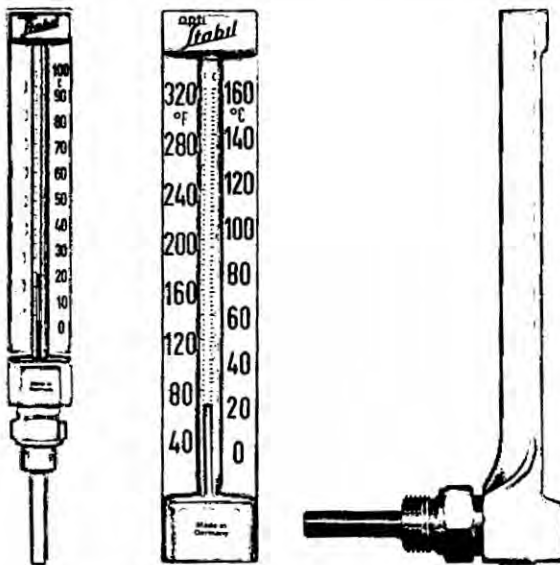
7



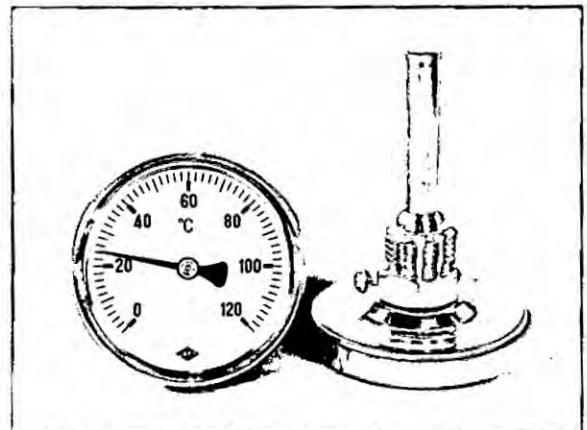
Termómetros de vidrio para uso en laboratorio :

- de precisión hasta 0.1°C
- con canastilla de acero galvanizado
- con funda de madera
- escala externa ò interna
- capilar prismático
- toluol rojo ò azul ò mercurio

Termómetro de ambiente
y de Máxima / Mínima



Termómetros tipo bastón rectos ò en ángulo de 90° , cuerpo de bronce macizo resistente al agua de mar, escala doble en $^{\circ}\text{C}$ y $^{\circ}\text{F}$, capilar prismático, conexión $1/2''$ BSP

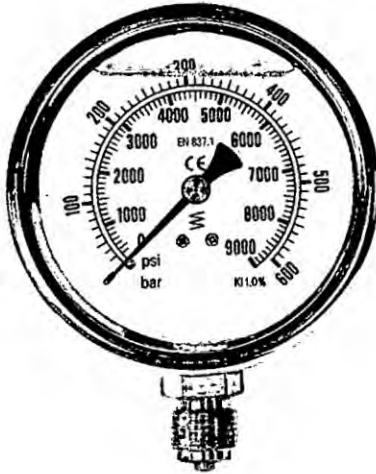


Termómetros con sistema bimetalico, cuerpo y bulbo / sensor en acero inoxidable, conexión rosca $1/2''$ BSP

Lubeca Peruana S.A.

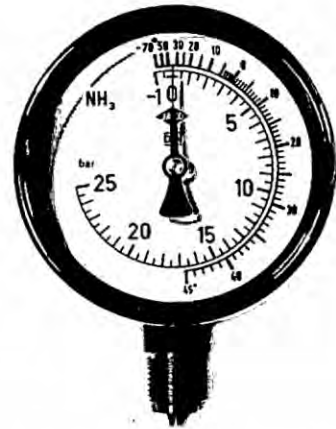
Jr. Washington 1017 – Lima 1 Telfs. 4315189 4236413 Fax 4315189
RUC 20100642361 E-Mail : lubeca44@hotmail.com.pe
www.lubeca.org.pe

2



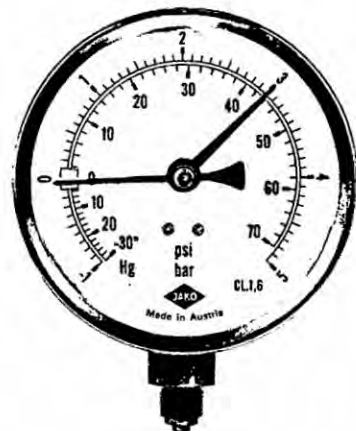
Manómetro Industrial clase 1.0
con relleno de Glicerina, rosca vertical 1/2" BSP,
mecanismo y cuerpo de acero inoxidable

Manovacúmetro industrial con
mecanismo de acero inoxidable
para amoníaco (NH₃), escala de
presión en Bar y de temperatura en °C



Manómetro clase 1.6 con dial de 4", rosca vertical 1/4",
mecanismo de bronce, cuerpo de acero esmaltado

Manovacúmetro clase 1.6 con
dial de 4", rosca vertical 1/4" BSP



Lubeca Peruana S.A.

Jr. Washington 1017 – Lima 1 Telfs. 4315189 4236413 Fax 4315189
RUC 20100642361 E-Mail : lubeca44@hotmail.com.pe
www.lubeca.org.pe

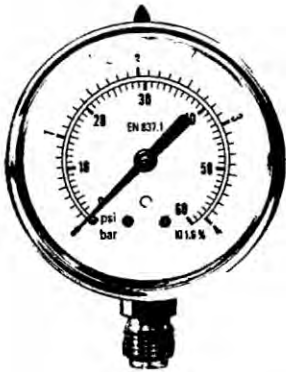


Manómetro de cápsula
con rosca vertical 1/2" BSP

Manómetro industrial clase 1.0
con rosca vertical 1/2" BSP
esfera de 4" (100mm)

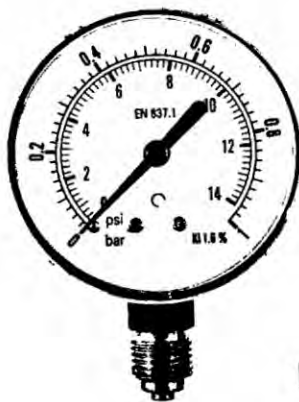


Manovacuómetro clase 1.6 con rosca
vertical 1/4" BSP, esfera 2.5" (63 mm)



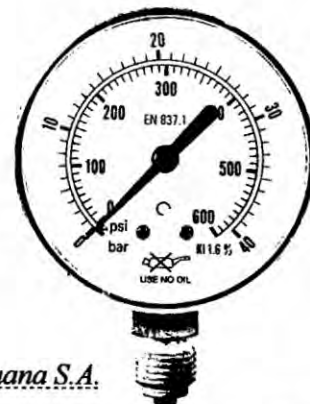
Manómetro clase 1.6 con relleno de glicerina y rosca vertical
de 1/4" BSP, mecanismo de bronce, cuerpo acero inoxidable
esfera de 2.5" (63 mm)

Vacuómetro clase 1.6 con
rosca vertical 1/4" BSP
esfera de 2.5" (63 mm)



Manómetro industrial clase 1.6
con rosca vertical 1/4" BSP
dial de 2.5" (63 mm)

Manómetro especial para
oxígeno clase 1.6 con
rosca vertical 1/4" BSP
dial de 2.5" (63 mm)



Fuente: Brochure Lubeca Peruana S.A.



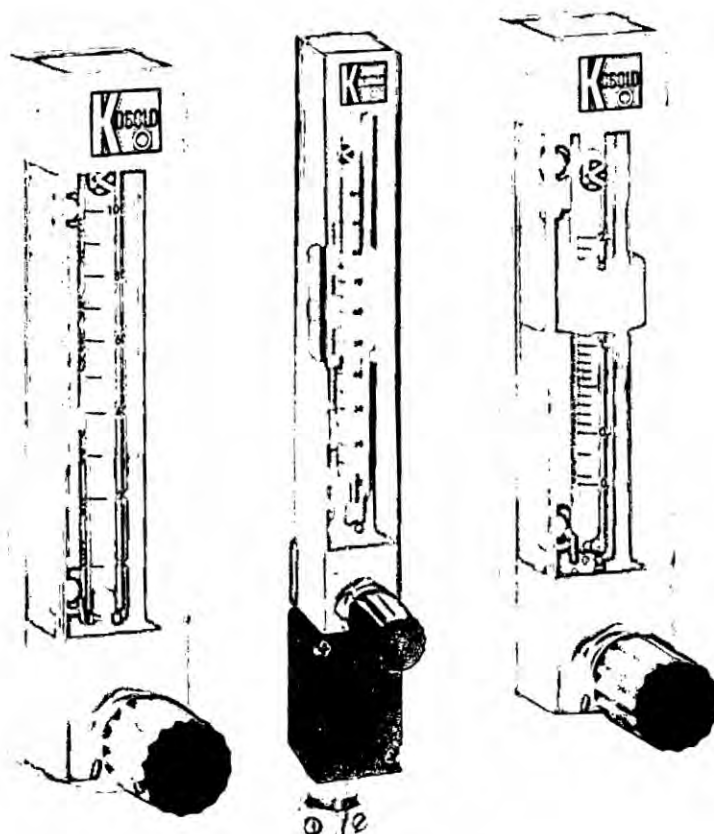
Medidor/Interruptor de Caudal para muy Bajos Volúmenes

KDF para Líquidos · KDG para Gases
CATALOGO N° 8.4



medición
•
monitoreo
•
análisis

MEDIDOR / INTERRUPTOR DE CAUDAL



- Rango de caudal: Agua 0.002-0.02 a 16-160 L/h
Aire 0.03-0.3 a 500-5000 L_N/h
- Precisión: categoría 2.5
- p_{max} 10 bar, t_{max} 100 °C
- Conexión: 1/4 NPT hembra
- Material: acero inoxidable, latón, PVDF

Kobold a nivel mundial:

ALEMANIA, ARGENTINA, AUSTRIA, BÉLGICA, CANADA, CHILE, CHINA,
ESPAÑA, FRANCIA, HOLANDA, INDIA, INGLATERRA, INDONESIA, ITALIA,
MALASIA, MEXICO, PAISES BAJOS, POLONIA, REPÚBLICA CHECA,
SINGAPUR, SUIZA, TAILANDIA, USA, VENEZUELA, VIETNAM

KOBOLD Messring GmbH
Nordring 22-24
D-65719 Hofheim/Ts.
☎ +49(0)61 92 299-0
Fax +49(0)61 92 23398
E-Mail: info.de@kobold.com
Internet: www.kobold.com

Modelo:

KDF
KDG

210



Método de Operación

Los medidores y los interruptores de caudal para muy bajos flujos modelos KDF y KDG para líquidos y aire operan bajo el principio del flotador suspendido, es decir, la instalación es vertical y la dirección del flujo es de abajo hacia arriba.

Los instrumentos se han diseñado como sistemas de medición simples y por tanto económicos. El flotador es una bola, donde el punto de indicación está en el borde superior de la bola. Una válvula de aguja es fijada como estándar.

Areas de Aplicación

Versiones KDF- y KDG

KDF-... para líquidos
KDG-... para gases

Detalles Técnicos

Posición de Instalación: vertical, flujo desde abajo

Precisión: categoría 2.5
(VDI/VDE 3513, hoja 2)

Máx. presión: 10 bar
(conexión de latón o Acero Inox.)
4 bar (con conexiones en PVDF)

Especial todos los tipos: a temperaturas > 20°C la máxima presión disminuye en 1 %/K.

Máx. temperatura: 100°C
80°C con contacto

Conexión: 1/4 NPT hembra
G 1/4 hembra para versión PVDF

Peso: aprox. 0.4 kg

Materiales (en contacto con el medio)

Conexiones: latón o acero inoxidable 1.4581 o PVDF

Tubo de medición: vidrio borosilicato

Tope del flotador: PTFE

Flotador: acero inoxidable 1.4401
(para las escalas estándar de abajo)

Sellos: FPM, opción FFKM

Vástago de la válvula: acero inoxidable 1.4571

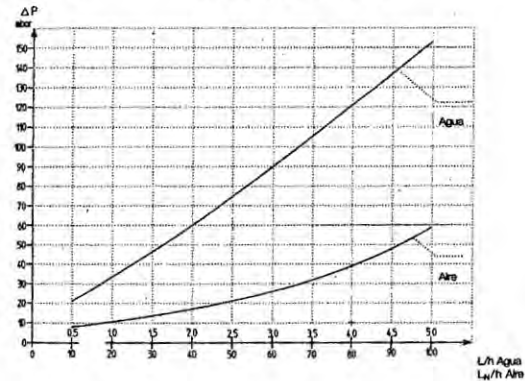
Caída de presión

La mayor parte de la caída de presión es por la válvula.

Hasta el código del rango de medición KDG-...28/KDF-...20

Medida de la Caída de Presión

Válvula de aguja: 1 mm
Flotador: bola/acero inoxidable

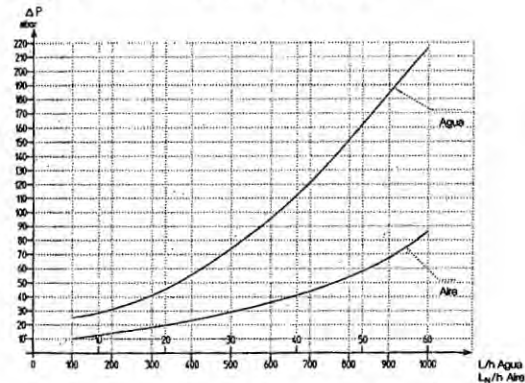


Código del rango de medición KDG-...32 a KDG-...46

KDF-...25 a KDF-...30

Medida de la Caída de Presión

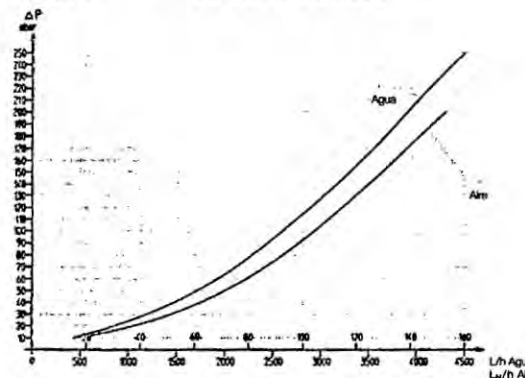
Válvula de aguja: 2.5 mm
Flotador: bola/acero inoxidable



Código de rango de medición desde KDG-...51/KDF-...35

Medida de la Caída de Presión

Válvula de aguja: 4.5 mm
Flotador: bola/acero inoxidable





Opciones

1. Interruptor ímite

Los medidores de caudal, equipados con una bola de acero inoxidable, se pueden proveer con interruptores límite como opción. Estos interruptores de límite son interruptores de proximidad tipo anillo.

Están disponibles cuatro tipos:

Monostable

- TG-10-1 (hasta el rango de medición KDG-...24, KDF-...17)
- TG-15-1 (desde rango de medición KDG-...28, KDF-...20)

Ambos tipos están disponibles con y sin caja de distribución.

Biestable

- TG-10-1/bi (hasta el rango de medición KDG-...24, KDF-...17)
- TG-15-1/bi (desde rango de medición KDG-...28, KDF-...20)

*Estos tipos están **solamente** disponibles con caja de distribución y sin la opción de "montaje en panel".*

Importante: Los contactos solo pueden ser usados como contactos mínimos hasta aproximadamente 40% del valor medido, desde rango de medición código KDG-...61/KDF-...39.

Los valores eléctricos característicos para todos los tipos están de acuerdo a DIN 19234 (NAMUR).

Se requieren unidades de aislamiento y conmutación para operar estos interruptores de proximidad tipo anillo.

Recomendamos nuestros tipos REL-6000 (230 V_{AC}) y REL-6005 (24 V_{DC}) (ver catalogo de Accesorios).

2. Controladores de presión diferencial

Dos tipos de controladores de presión diferencial están disponibles: Observe por favor que estos controladores no son válvulas reductoras de presión.

○ Controladores de presión aguas arriba

Los controladores tipo RE y NRE mantienen constante el flujo de gases y líquidos con presión aguas arriba variable y presión aguas abajo constante.

○ Controladores de presión aguas abajo

Los controladores tipo RA, NRA mantienen constante el flujo de medios gaseosos con presión aguas abajo variable y presión aguas arriba constante.

Los controladores de presión aguas abajo requieren una presión diferencial mínima entre la presión aguas arriba y la presión aguas abajo.

La presión de aguas arriba p_1 debe ser siempre mayor que la presión aguas abajo p_2 .

Los instrumentos con controladores de presión aguas abajo se entregan sin bola de no retorno en la parte superior del dispositivo.

Se deben observar los siguientes detalles técnicos para operar estos controladores.

Tipo	Denominación	Material	Caudal máximo		Mínima presión p_1 necesaria aguas arriba
			Agua**	Aire**	
Controlador de presión aguas arriba			L/h	L/h	p_1 en bar
KDG-...RE-1000-R	RE 10	acero inoxidable	40	1000	0.5
KDG-..RE-1000-N	RE 10	latón	40	1000	0.5
KDG-..RE-4000-R	RE 40	acero inoxidable	160	4000	1
KDG-..RE-4000-N	RE 40	latón	160	4000	1
KDG-..NRE-100-R	NRE 1	acero inoxidable		100	0.06
KDG-..NRE-100-N	NRE 1	latón		100	0.06
KDG-..NRE-800-R	NRE 8	acero inoxidable		800	0.2
KDG-..NRE-800-N	NRE 8	latón		800	0.2
Controlador de presión aguas abajo					Mínima presión diferencial* Δp en bar
KDG-..RA-1000-R	RA 10	acero inoxidable		1000	0.4
KDG-..RA-1000-N	RA 10	latón		1000	0.4
KDG-..RA-2500-R	RA 25	acero inoxidable		2500	0.8
KDG-..RA-2500-N	RA 25	latón		2500	0.8
KDG-..NRA-800-R	NRA 8	acero inoxidable		800	0.15
KDG-..NRA-800-N	NRA 8	latón		800	0.15

*Diferencia de presión entre la presión aguas arriba y aguas abajo

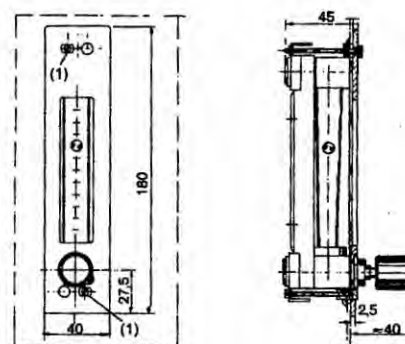
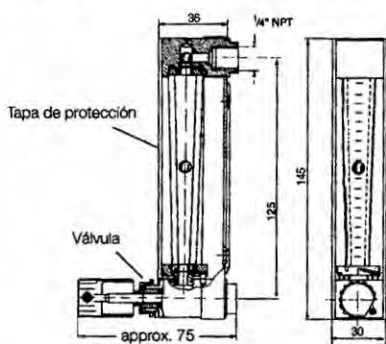
**Condiciones de referencia: 20°C, 1.013 bar absoluto



Dimensiones

Montaje en panel

Corte en panel



Líquidos: Datos de pedido (Ejemplo: KDF-1117 NV 0 M10)

Rango de medición agua L/h	No. Pedido latón	No. Pedido acero inoxidable	No. Pedido PVDF***	Conexión***	Opción de sello	Kit de instalación del panel	Opción de contacto	Opciones diversas
0.25 - 2.5	KDF-1117...	KDF-1217...	KDF-1317...	N = 1/4 NPT R = G 1/4 W= conector de manguera angular, 90° S = conector de manguera recto Y = Especial	V = FPM T = FFKM	0 = sin S = con	00 = sin contacto	0 = sin Y = Ejm. con Controlador, sin válvula. Por favor especifique por escrito
0.5 - 5	KDF-1120...	KDF-1220...	KDF-1320...				solo modelo KDF-xx17 sin caja de empalme M1 = 1 contacto monoestable M2 = 2 contactos monoest.	
1.2 - 12	KDF-1125...	KDF-1225...	KDF-1325...				con caja de empalme A1 = 1 contacto monoestable A2 = 2 contactos monoest. B1 = 1 contacto biestable B2 = 2 contactos biestables	
2.5 - 25	KDF-1128...	KDF-1228...	KDF-1328...				desde modelo KDF-xx20 sin caja de empalme M3 = 1 contacto monoestable M4 = 2 contactos monoest.	
4 - 40	KDF-1130...	KDF-1230...	KDF-1330...				con caja de empalme A3 = 1 contacto monoestable A4 = 2 contactos monoest. B3 = 1 contacto biestable B4 = 2 contactos biestables	
6 - 60	KDF-1135...	KDF-1235...	KDF-1335...					
10 - 100	KDF-1139...*	KDF-1239...*	KDF-1339...*					
12 - 120	KDF-1140...*	KDF-1240...*	KDF-1340...*					
16 - 160	KDF-1141...*	KDF-1241...*	KDF-1341...*					
Otros líquidos	KDF-11YY...	KDF-12YY...	KDF-13YY...					

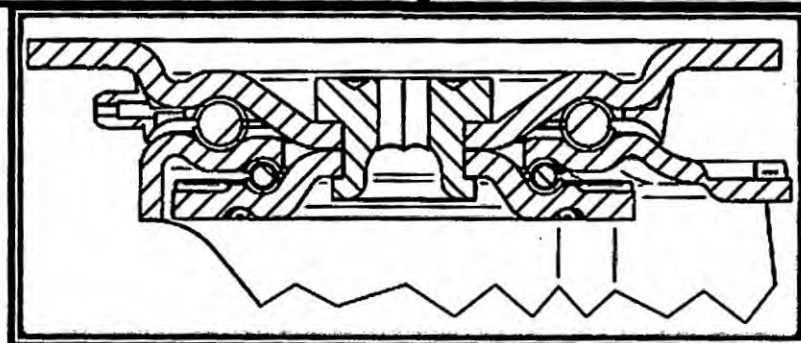
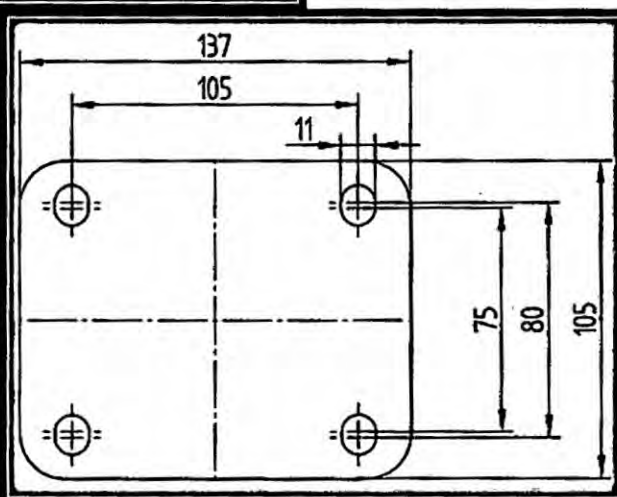
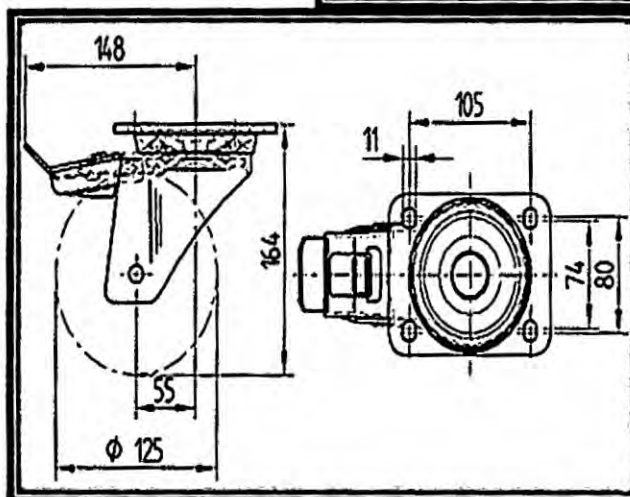
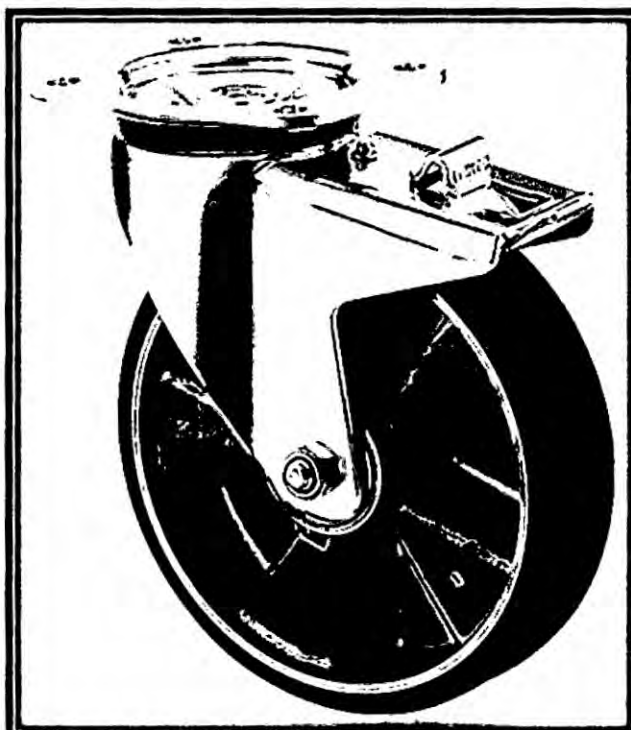
Gases: Datos de pedido (Ejemplo: KDG-1107 NV 0 M10)

Rango de medición aire** L _N /h	No. Pedido latón	No. Pedido acero inoxidable	No. Pedido PVDF***	Conexión***	Opción de sello	Kit de instalación del panel	Opción de contacto	Opciones diversas
0.5 - 5	KDG-1107...	KDG-1207...	KDG-1307...	N = 1/4 NPT R = G 1/4 W= conector de manguera angular, 90° S = conector de manguera recto Y = Especial	V = FPM T = FFKM	0 = sin S = con	00 = sin contacto	0 = sin Y = Ejm con controlador, sin válvula. Por favor especifique por escrito
0.8 - 8	KDG-1109...	KDG-1209...	KDG-1309...				hasta modelo KDG-xx24 sin caja de empalme M1 = 1 contacto monoestable M2 = 2 contactos monoest.	
1.6 - 16	KDG-1113...	KDG-1213...	KDG-1313...				con caja de empalme A1 = 1 contacto monoestable A2 = 2 contactos monoest. B1 = 1 contacto biestable B2 = 2 contactos biestables	
4 - 40	KDG-1120...	KDG-1220...	KDG-1320...				desde modelo KDG-xx28 sin caja de empalme M3 = 1 contacto monoestable M4 = 2 contactos monoest.	
6 - 60	KDG-1124...	KDG-1224...	KDG-1324...				con caja de empalme A3 = 1 monoestable contact A4 = 2 contactos monoest. B3 = 1 contacto biestable B4 = 2 contactos biestables	
10 - 100	KDG-1128...	KDG-1228...	KDG-1328...					
25 - 250	KDG-1132...	KDG-1232...	KDG-1332...					
50 - 500	KDG-1137...	KDG-1237...	KDG-1337...					
80 - 800	KDG-1142...	KDG-1242...	KDG-1342...					
100 - 1000	KDG-1146...	KDG-1246...	KDG-1346...					
180 - 1800	KDG-1151...	KDG-1251...	KDG-1351...					
240 - 2400	KDG-1157...	KDG-1257...	KDG-1357...					
300 - 3000	KDG-1161...*	KDG-1261...*	KDG-1361...*					
400 - 4000	KDG-1164...*	KDG-1264...*	KDG-1364...*					
500 - 5000	KDG-1168...*	KDG-1268...*	KDG-1368...*					
other gases	KDG-11YY...	KDG-12YY...	KDG-13YY...					

*Para todos los instrumentos marcados con * el interruptor de límite está disponible solo como contacto mín.
 ** a 1.2 bar absolutos y 20 °C
 *** versión-PVDF disponible solo con G 1/4

Fuente: Catálogos KOBOLD, 2007.

CATÁLOGO N° 8.5
RUEDAS (GARRUCHAS) DE ALTA CARGA



Fuente: TENTE Perú. Website: <https://www.tente.com/pe-es/4687itp125p63-flat.html>.

ANEXO N° IX

ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN MCI

9.1 Análisis Energético

Corresponde al Balance Térmico de un MCI, el cual se realiza con la finalidad de cuantificar el Flujo Calorífico, Calor Útil y los Calores Perdidos para establecer si la energía aprovechada y la energía que se pierde están entre los rangos pre-fijado por el fabricante de acuerdo a lo indicado en su respectiva Ficha de Especificaciones Técnicas, Manual de Procedimientos y Operaciones; caso contrario, analizar el porqué de las discrepancias, ver su incidencia en la performance y detectar las fallas de dicho motor para tomar las medidas correctivas al respecto consultando su Manual de Reparación y Mantenimiento.

a. Procedimiento:

- i.* Reconocer y verificar del estado de funcionamiento de los equipos que conforman el Banco de Pruebas, sin arrancar el motor.
- ii.* Encender el motor y trabajando en máxima velocidad ($n_{m\acute{a}x.}$) dejarlo funcionar durante 10 minutos aproximadamente, realizando un control permanente de la presión del aceite lubricante y de la temperatura del agua refrigerante para mantener la temperatura normal de funcionamiento del motor en el rango de 65 -75 °C, durante las respectivas experiencias, dicha temperatura se controlará observando el termómetro de medición de la temperatura de salida del agua refrigerante.

iii. Tabulación de Datos:

Para un régimen de operación a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ de plena carga

Punto	\dot{m}_c	F	N	% CO ₂	% CO	% O ₂	Tg	TBS	TBH	$T_{e(H_2O)}$	$T_{s(H_2O)}$	\dot{m}_{H_2O}	Tc	Ta
1														
2														
3														

✓ **Donde:**

- \dot{m}_c = Consumo horario de combustible (Lb_c/s).
 - F = Carga en el dinamómetro (N).
 - N = Régimen de operación del motor (RPM).
 - %CO₂, %CO y %O₂ = Análisis porcentual de los gases de combustión.
 - Tg = Temperatura de los gases de escape (°F).
 - TBS = Temperatura de bulbo seco.
 - TBH = Temperatura de bulbo húmedo.
 - $T_{e(H_2O)}$ = Temperatura de entrada del agua de refrigeración del motor (°F).
 - $T_{s(H_2O)}$ = Temperatura de salida del agua de refrigeración del motor (°F).
 - \dot{m}_{H_2O} = Consumo horario de agua de refrigeración (Lb/s).
 - Tc = Temperatura de combustible (°F).
 - Ta = Temperatura del aire (°F).
- iv. Se repite el ensayo aumentando la carga pero manteniendo la velocidad (n = cte.).
- v. Después de haber realizado la experiencia para varias cargas, se va

descargando y desacelerando en forma alternada, para finalmente apagar el motor.

b. Análisis de Cálculo:

Los calores se determinarán por masa de combustible (BTU/Lb_c)

i. Flujo Calorífico entregado al MCI (\dot{Q}_A):

$$\dot{Q}_A = \dot{m}_c * p.c. \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.1)}$$

✓ **Donde:**

➤ \dot{m}_c = Consumo horario de combustible (Lb_c/s).

➤ p.c. = Poder Calorífico Superior del combustible.

ii. Calor Útil (q_1):

$$q_1 = \frac{\dot{W}_e}{\dot{m}_c} \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.2)}$$

✓ **Donde:**

➤ \dot{W}_e = Potencia efectiva (Hp).

➤ \dot{m}_c = Flujo másico de combustible (Lb_c/s).

iii. Calores que se Pierden:

➤ **Calor que se llevan los gases de escape (q_2):**

$$q_2 = m_g * C e_g * (T_g - T_a) \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.3)}$$

✓ **Donde:**

$$m_g = \frac{4\%CO_2 + \%O_2 + 700}{3 * (\%CO_2 + \%CO)} * C = \text{Masa de gas por masa de combustible (Lb}_g\text{/Lb}_c\text{)}.$$

✎ **Siendo:**

♦ %CO₂, %CO y %O₂ = Análisis porcentual de los gases de combustión.

♦ *La composición gravimétrica del combustible Gasolina:*

- *C: 0.855 (Lb_{Carbono} / Lb_{Combustible}).*
- *H: 0.145 (Lb_{Hidrógeno} / Lb_{Combustible}).*
- *M_C: 115^{Kg}/K_{mol} (Masa molecular).*

♦ *La composición gravimétrica del combustible GLP:*

- *Composición (% volumen): 60% [Propano (C₃H₈)] + 40% [Butano (C₄H₁₀)].*
- *Relación volumétrica: 1L GLP_{líquido} ≈ 260L GLP_{vapor}.*

- *C_{e_g} = Calor específico de los gases (0.24 BTU/Lbg * °F).*
- *T_g = Temperatura de los gases de escape (°F).*
- *T_a = Temperatura del aire (°F).*

➤ **Calor que se lleva el agua de refrigeración (q₃):**

$$q_3 = \frac{\dot{m}_{H_2O}}{\dot{m}_c} * C_{e_{H_2O}} * (T_{s(H_2O)} - T_{e(H_2O)}) \quad \dots \dots \text{Ec. (9.4)}$$

✓ **Donde:**

- *\dot{m}_{H_2O} = Flujo másico de agua de refrigeración (Lb/s).*
- *\dot{m}_c = Flujo másico de combustible (Lb_c/s).*
- *C_{e_{H₂O}} = Calor específico del agua (1 BTU/Lb * °F).*
- *T_{s(H₂O}) = Temperatura de salida del agua de refrigeración del motor (°F).*
- *T_{e(H₂O}) = Temperatura de entrada del agua de refrigeración del motor (°F).*

➤ **Calor perdido por combustión incompleta (q_4):**

$$q_4 = \frac{\%CO}{\%CO_2 + \%CO} * C * 10190 \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.5)}$$

✓ **Donde:**

- $\%CO_2$, $\%CO$ y $\%O_2$ = *Análisis de los gases de combustión.*
- *La composición gravimétrica del combustible:*

➤ **Calor que se lleva el agua por el H_2 en el combustible (q_5):**

$$q_5 = 9H * [(212 - T_c) + 970.3 + 0.46 * (T_g - 212)] \quad \dots \text{Ec. (9.6)}$$

✓ **Donde:**

- $H = 0.15$ ($Lb_{Hidrógeno} / Lb_{Combustible}$).
- T_c = *Temperatura del combustible ($^{\circ}F$).*
- T_g = *Temperatura de los gases de escape ($^{\circ}F$).*

➤ **Calor perdido por calentamiento de la Humedad del aire (q_6):**

$$q_6 = r_{a/c} * W * C_{e_v} * (T_g - T_a) \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.7)}$$

✓ **Donde:**

- $r_{a/c}$ = *Relación aire-combustible ($Lb_{Aire} / Lb_{Combustible}$).*
- W = *Humedad específica [TBS y TBH] (Lb_{Vapor} / Lb_{Aire}).*
- C_{e_v} = *Calor específico del vapor ($0.48 Lb_{Vapor} / Lb_{Comb.}$).*
- T_g = *Temperatura de los gases de escape ($^{\circ}F$).*
- T_a = *Temperatura del aire ($^{\circ}F$).*

➤ **Calor perdido por radiación y otras pérdidas no calculadas (q_7):**

$$q_7 = p \cdot c - \sum_{i=1}^n q_i \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.8)}$$

c. Sumatoria de calores:

$$q_A = \sum_{i=1}^{n=7} q_i = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 + q_7 \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (9.9)}$$

✓ **Donde:**

- $q_A =$ *Cantidad total de calor introducida con el combustible al motor.*
- $q_1 =$ *Calor equivalente al trabajo efectivo del motor.*
- $q_2 =$ *Calor que se lleva del motor los gases de escape.*
- $q_3 =$ *Calor cedido al medio refrigerante.*
- $q_4 =$ *Parte del calor del combustible que se pierde debido a su combustión incompleta.*
- $q_5 =$ *Calor que se lleva el agua por el H_2 del combustible.*
- $q_6 =$ *Calor perdido por calentamiento de la humedad del aire.*
- $q_7 =$ *Término independiente que determina las pérdidas no incluidas en los demás componentes del balance térmico.*

d. El Balance térmico puede determinarse en porcentaje de la cantidad total de calor introducido:

$$\begin{aligned} \text{➤ } q_1 &= \frac{Q_1}{Q_9} * 100 & \text{➤ } q_2 &= \frac{Q_2}{Q_A} * 100 \end{aligned}$$

$$\triangleright q_3 = \frac{Q_3}{Q_9} * 100$$

$$\triangleright q_4 = \frac{Q_4}{Q_A} * 100$$

$$\triangleright q_5 = \frac{Q_5}{Q_9} * 100$$

$$\triangleright q_6 = \frac{Q_6}{Q_A} * 100$$

$$\triangleright q_7 = \frac{Q_7}{Q_9} * 100$$

e. Según MALEV.- Los rangos establecidos de calores son:

$$\triangleright Q_{e=1} = (20 \text{ a } 40) \% \rightarrow \text{calor útil}$$

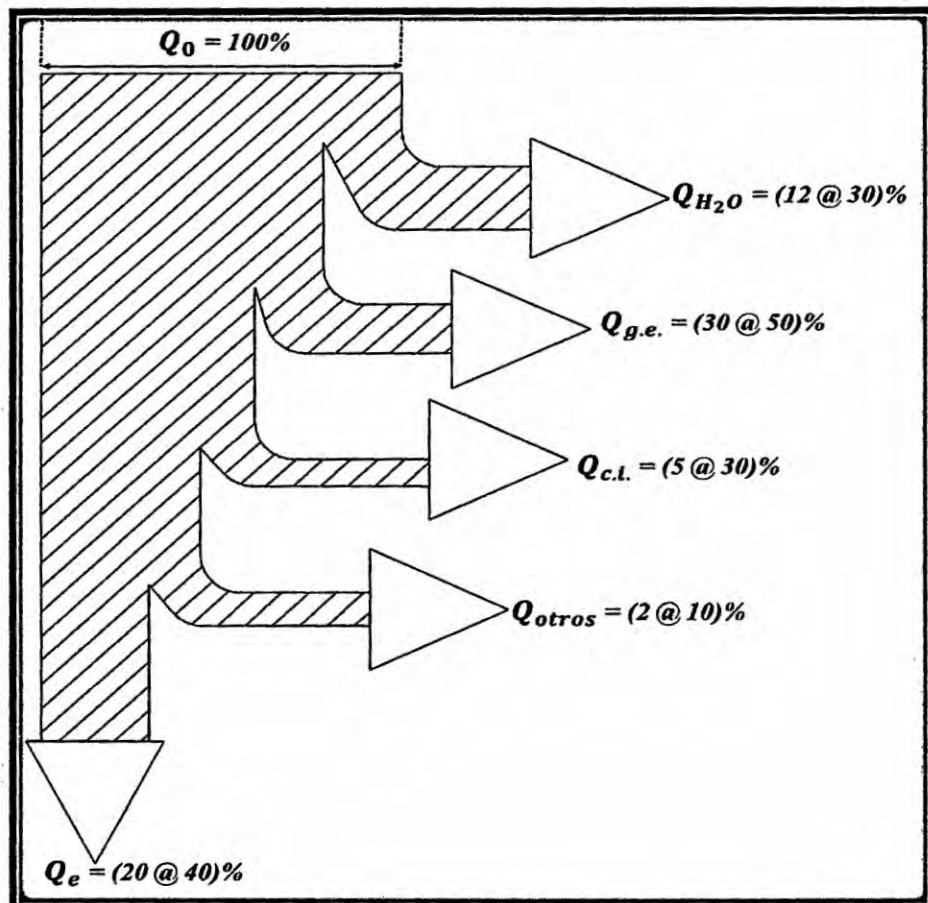
$$\triangleright Q_{gas=2} = (30 \text{ a } 50) \% \rightarrow \text{Gases de escape}$$

$$\triangleright Q_{H_2O=3} = (12 \text{ a } 30) \% \rightarrow \text{Agua de refrigeración}$$

$$\triangleright Q_{c.i.=4} = (5 \text{ a } 30) \% \rightarrow \text{Combustión incompleta}$$

$$\triangleright Q_{otros=7} = (2 \text{ a } 10) \% \rightarrow \text{Pérdidas de calores no calculables}$$

f. Diagrama de SANKEY del MCI:



ANEXO N° X

PROPUESTA DE GUÍA MODELO PARA

EXPERIENCIAS EN LABORATORIOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



EXPERIENCIA

**“CURVAS CARACTERÍSTICAS DE VELOCIDAD Y DE CARGA DE UN
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA (MCI) DE ENCENDIDO POR
CHISPA CON SISTEMA DUAL”**

I. INTRODUCCIÓN

El MCI se elige por las características que definen todas sus cualidades y su aptitud para funciones en diversas condiciones; estas características permiten comparar distintos motores entre sí. Y una peculiaridad, es su funcionamiento con amplio margen de cambio del régimen de velocidades y potencias; cualquiera que sea su velocidad, éste debe de funcionar estable con todos los regímenes de explotación es decir, debe de ser lo más económico posible.

Durante su explotación el motor funciona todo el tiempo con regímenes no estacionarios que cambian constantemente y por lo tanto es difícil conseguir los datos completos que caracterizan el funcionamiento del motor; es por esta razón que se utilizan los bancos de pruebas, para obtener las curvas características de funcionamiento, en regímenes estables, de un MCI.

II. OBJETIVOS

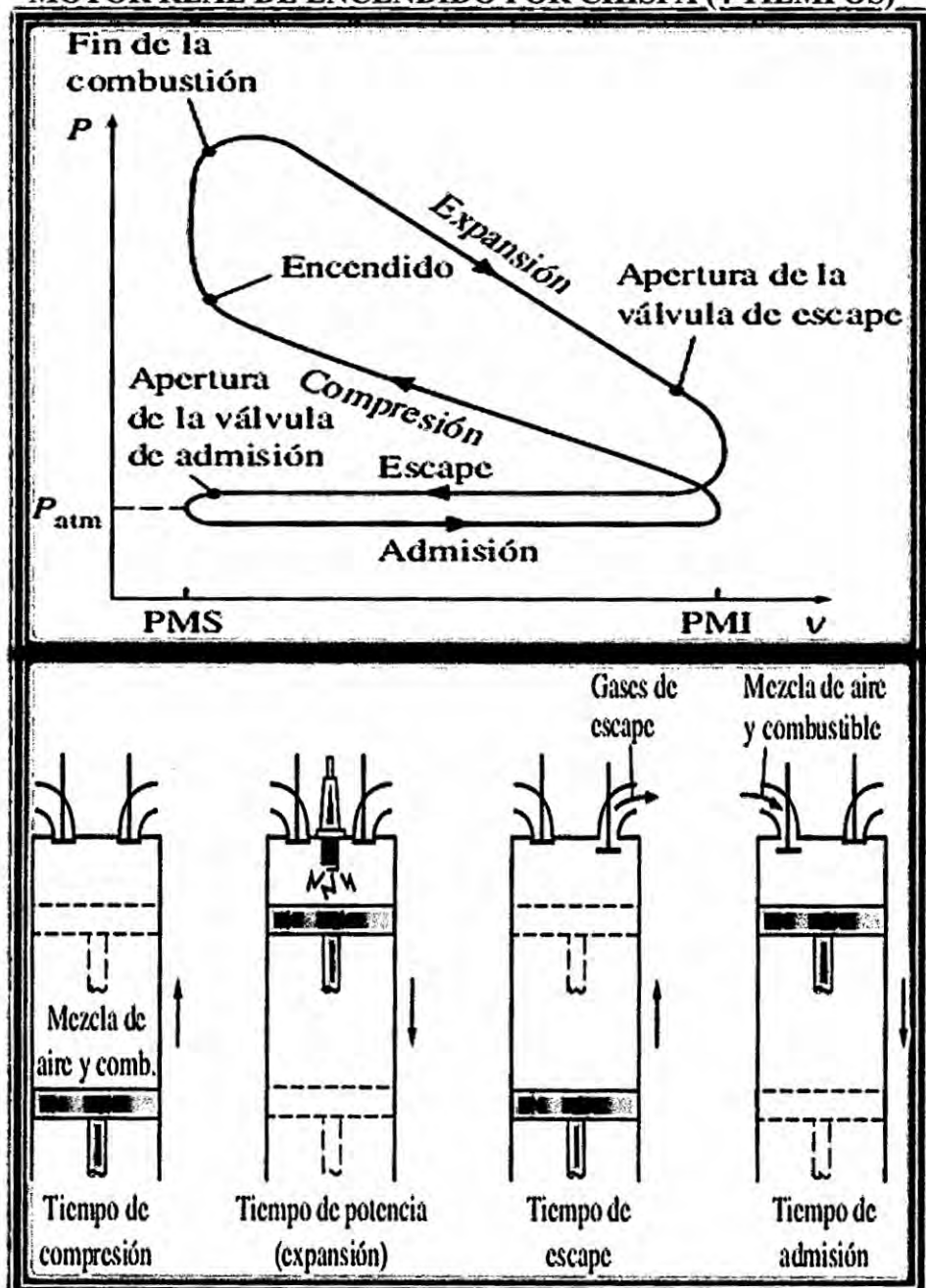
- Realizar investigación experimental de contrastación de parámetros efectivos de Performance para analizar la tendencia de las curvas características fundamentales externas que rigen el comportamiento y funcionamiento real de un MCI de encendido por chispa (E.CH.) con sistema dual, Gasolina y GLP, en función de la velocidad y de carga a régimen variable.
- Conocer la metodología experimental de los parámetros de admisión para la obtención de las características de velocidad y de carga de los MCI.

III. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1. Ciclos termodinámicos teóricos:

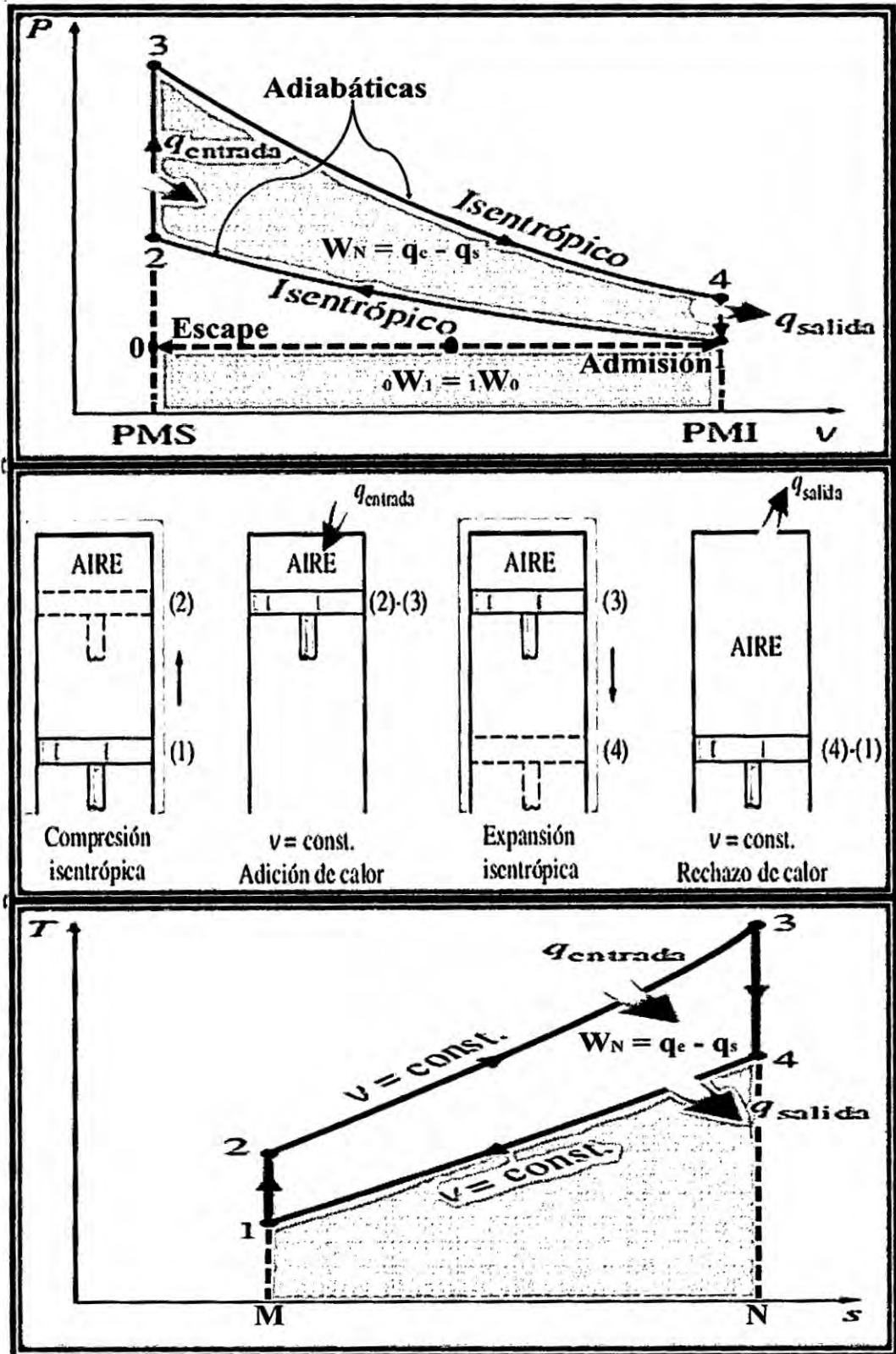
3.1.1. Ciclo Otto standard de aire.- Proceso ideal del comportamiento de los motores E.CH. o de combustión a volumen constante.

FIGURA N° X.1
MOTOR REAL DE ENCENDIDO POR CHISPA (4 TIEMPOS)



Fuente: CENGEL, Yunes y BOLES. Termodinámica. 7ª ed. 2012. pág. 498.

FIGURA N° X.2
CICLO DE OTTO IDEAL (P - V / T - S)



Fuente: CENGEL & BOLES. *Termodinámica*. 7ª ed. 2012. pág. 498 y 500.

A. Descripción teórica del funcionamiento⁵⁷

1 ciclo de trabajo <> 4 carreras (émbolo o pistón) <> 2 vueltas (eje cigüeñal)

Trabajo neto (W_N) = Área: "1-2-3-4-1" = $q_e - q_s$

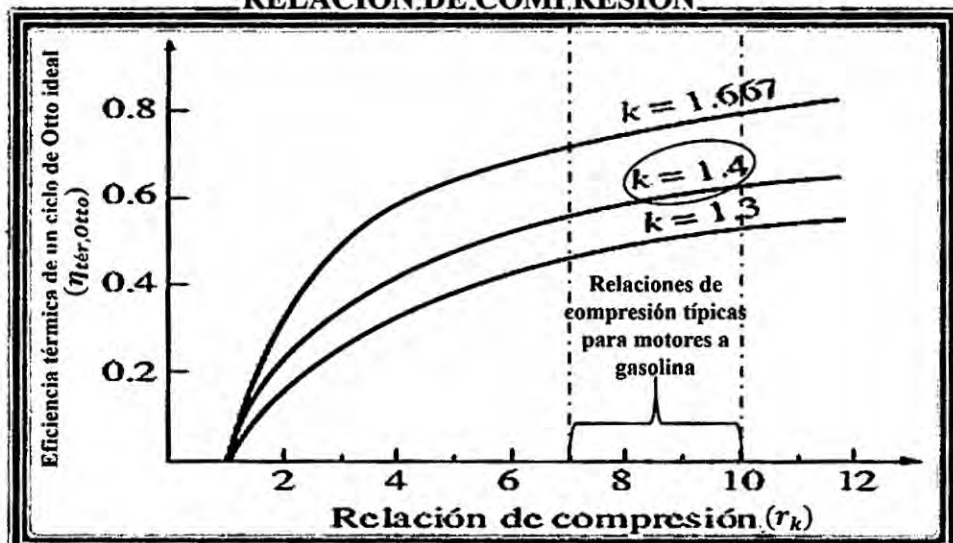
i. Del gráfico T - S⁵⁸: * q_{entrada} (añadido) = Área: "M-2-3-N-M"

* q_{salida} (rechazado) = Área: "M-1-4-N-M"

ii. Del gráfico P - V⁵⁹:

PISTÓN DE = Δ	VÁLVULA	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	PROCESO TERMODINÁMICO	CARRERA	REVOLUCIÓN
P.M.S. - P.M.I.	V. Abierta	Admite la mezcla	ADMISIÓN	0 - 1	1	½ Rev.
P.M.I. - P.M.S.	-	Desplazamiento del pistón comprime	COMPRESIÓN ISOENTRÓPICA	1 - 2	1	½ Rev.
P.M.S.	-	Se quema el combustible	COMBUSTIÓN (Adición de calor a volumen constante)	2 - 3	-	-
P.M.S. - P.M.I.	-	Se expande los gases	EXPANSIÓN ISOENTRÓPICA	3 - 4	1	½ Rev.
P.M.I.	-	Enfriamiento o cesión de calor	ENFRIAMIENTO (Rechazo de calor a volumen constante)	4 - 1	-	-
P.M.I. - P.M.S.	V. Cerrada	Expulsión de gases	ESCAPE	1 - 2	1	½ Rev.

FIGURA N° X.3
RELACIÓN DE COMPRESIÓN



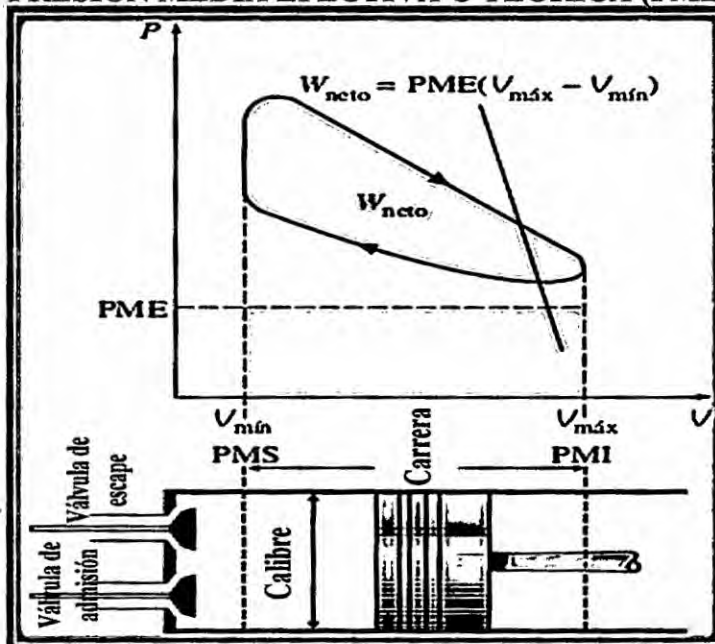
Fuente: CENGEL, Yunes y BOLES. *Termodinámica*. 7ª ed. 2012. pág. 501.

⁵⁷ Véase la fig. N° X.2: Gráfica P - V / T - S, en la pág. 226.

⁵⁸ Véase la fig. N° X.2: Gráfica T - S, en la pág. 226.

⁵⁹ Véase la fig. N° X.2: Gráfica P - V, en la pág. 226.

FIGURA N° X.4
PRESIÓN MEDIA EFECTIVA O TEÓRICA (PME)



Fuente: CENGEL & BOLES. Termodinámica. 7ª ed. 2012. pág. 498 y 497.

B. Eficiencia térmica del ciclo (n_0):

$$n_0 = 1 - \frac{1}{(r_k)^{(k-1)}} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.1)}$$

♦ **Donde**⁶⁰:

✓ $r_K = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{m\acute{a}x.}}{V_{m\acute{i}n.}}$ = Relación de compresión.

♦ **Siendo:**

- $V_{m\acute{a}x.}$ = Volumen máximo (m^3).
- $V_{m\acute{i}n.}$ = Volumen mínimo (m^3).

✓ k = Exponente adiabático reversible (Isoentrópico).

C. Presión media efectiva (p.m.e.) o teórica (p.m.t.):

$$p. m. e. (KPa) = \frac{W_N}{V_D} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.2)}$$

♦ **Donde**⁶⁰:

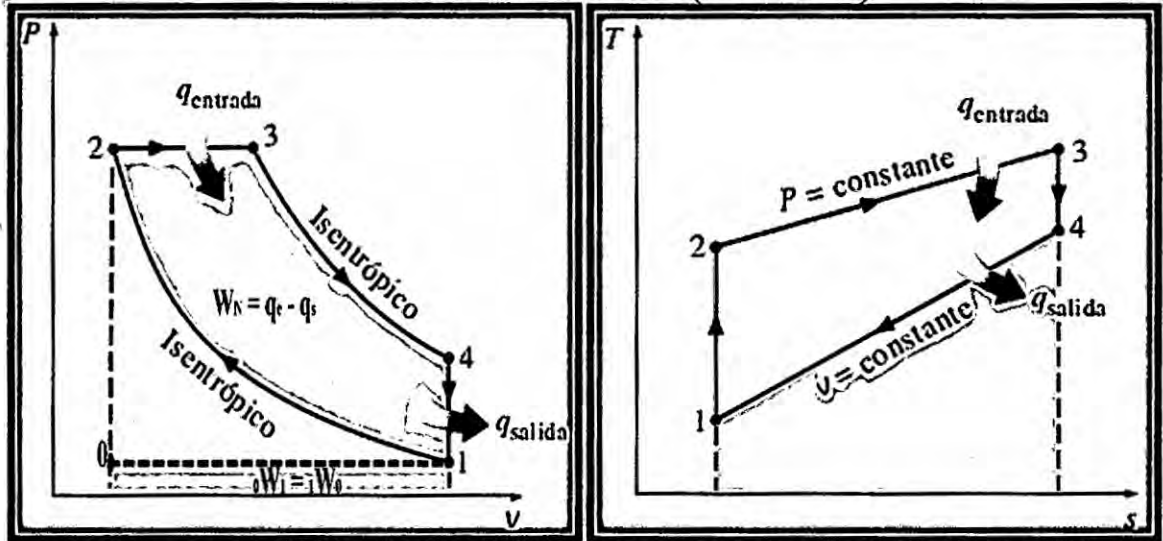
✓ W_N = Trabajo neto (KJ).

✓ $V_D = V_{m\acute{a}x.} - V_{m\acute{i}n.}$ = Carrera o Volumen desplazado (m^3).

⁶⁰ Véase la fig. N° X.2 / Gráfica P - V, en la pág. 226 & fig. N° X.4.

3.1.2. Ciclo Diésel standard de aire.- Estudia el comportamiento ideal de los motores Diésel de ignición por compresión, donde la adición de calor se considera a presión constante.

FIGURA N° X.5
CICLO DIÉSEL IDEAL (P - V / T - S)



Fuente: CENGEL, Yunes y BOLES. Termodinámica. 7ª ed. 2012. pág. 504.

A. Descripción teórica del funcionamiento⁶¹

1 ciclo de trabajo <> 4 carreras (émbolo o pistón) <> 2 vueltas (eje cigüeñal)

Trabajo neto (W_N) = Área: "1-2-3-4-1" = $q_e - q_s$

i. Del gráfico P - V⁶²:

POSICIÓN DE - A	VÁLVULA	DESCRIPCIÓN	DENOMINACIÓN	PROCESO TERMODINÁMICO	CARRERA	REVOLUCIÓN
P.M.S. - P.M.L.	V.A.	Entrada de aire al cilindro	ADMISIÓN	0 - 1	1	½ Rev.
P.M.I. - P.M.S.	-	La manivela gira ↑↓	COMPRESIÓN ISOENTRÓPICA	1 - 2	1	½ Rev.
P.M.S. - R.	-	Adición de q_e al ciclo	COMBUSTIÓN (Adición de calor a volumen constante)	2 - 3	1	½ Rev.
R - P.M.I.	-	Expansión de los gases	EXPANSIÓN ISOENTRÓPICA	3 - 4	1	½ Rev.
P.M.I.	-	Cesión de q_s del ciclo	ENFRIAMIENTO (Rechazo de calor a volumen constante)	4 - 1	-	-
P.M.I. - P.M.S.	V.C.	Salida de gases al exterior	ESCAPE	1 - 0	1	½ Rev.

⁶¹ Véase la fig. N° X.5: Gráfica P - V / T - S.

⁶² Véase la fig. N° X.5: Gráfica P - V.

B. Eficiencia térmica del ciclo (n_D):

$$n_D = 1 - \frac{1}{(r_k)^{(k-1)}} * \left[\frac{(r_c)^k - 1}{k * (r_c - 1)} \right] \dots\dots\dots \text{Ec. (X.3)}$$

♦ Donde⁶³:

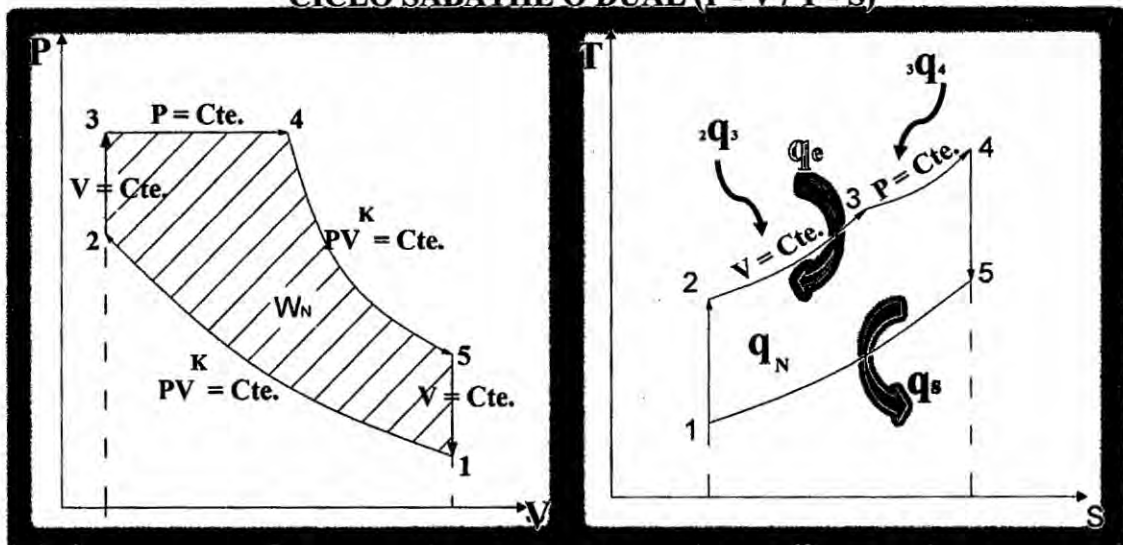
✓ k = Exponente adiabático reversible (Isoentrópico).

✓ $r_k = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{\text{máx.}}}{V_{\text{mín.}}} = \text{Relación de compresión.}$

✓ $r_c = \frac{V_3}{V_2} = \text{Relación de cierre de admisión o relación de corte.}$

3.1.3. Ciclo Sabathe o Dual.- Es un ciclo teórico que sirve de comparación en el estudio de los ciclos reales de los MCI; puesto que en la práctica, ni los motores de explosión ni los de compresión realizan el proceso de combustión a volumen o presión constante, respectivamente.

FIGURA N° X.6
CICLO SABATHE O DUAL (P - V / T - S)



Fuente: Propio de los autores.

A. Eficiencia térmica del ciclo dual (n_S)

$$n_S = 1 - \frac{1}{(r_k)^{(k-1)}} * \frac{r_p * r_c^k - 1}{k * r_p * (r_c - 1) + (r_p - 1)} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.4)}$$

⁶³ Véase la fig. N° X.5: Gráfica P - V, en la pág. 229.



♦ Donde⁶⁴:

✓ k = Exponente adiabático reversible (Isoentrópico).

✓ $r_k = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_{máx.}}{V_{mín.}}$ = Relación de compresión.

✓ $r_C = \frac{V_4}{V_3} = \frac{V_4}{V_2}$ = Relación de combustión o relación de corte.

✓ $r_p = \frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_2}$ = Relación de presiones.

3.2. Índices del Comportamiento Real: Es el análisis del ciclo real según el cual funcionan, debido al cambio continuo que experimenta el aire y los productos de la combustión.

3.2.1. Índices Indicados y Efectivos

Para estimar el grado de perfeccionamiento del ciclo realizado en un motor térmico sirven sus índices o parámetros indicados, los cuales servirán para la construcción de la máquina (Fabricante).

Mientras que en calidad de perfeccionamiento mecánico de la estructura externa del motor, intervienen los índices o parámetros efectivos (lo que se desea obtener de la máquina).

A. Consumo horario de combustible (G_c) o Flujo másico de combustible (\dot{m}_c).- Magnitud que expresa la variación de la masa de combustible respecto al tiempo.

$$G_c \left(\frac{Kg}{h} \right) = 3.6 * \rho_c * \dot{V}_c \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (X.5)}$$

✓ Donde:

➤ ρ_c = Densidad del combustible $\left(\frac{g}{cm^3} \right)$.

⁶⁴ Véase la fig. N° X.6: Gráfica P – V, en la pág. 230.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



$$\diamond 0.68 \leq \rho_{c(\text{Gasolina})} \left(\frac{g}{cm^3} \right) \leq 0.78$$

$$\diamond \rho_{c(\text{GLP})} = 0.560 \left(\frac{g}{cm^3} \right).$$

$$\triangleright \dot{V}_C = \frac{V}{t} = \text{Consumo de combustible} \left(\frac{cm^3}{s} \right).$$

♣ **Siendo:**

♦ $V = \text{Volumen del combustible consumido en la bureta de medición} (cm^3).$

♦ $t = \text{Tiempo de consumo del combustible desde la bureta de medición} (s).$

B. Consumo horario de aire (G_a) o Flujo másico de aire (\dot{m}_a).

Magnitud que expresa la variación de la masa de aire en el tiempo.

► **[Estequiométrico]:**

$$\dot{m}_a = \frac{P_0 * \dot{V}_a}{R_a * T_0} \quad \dots \dots \dots \text{Ec. (X.6)}$$

✓ **Donde:**

▪ $P_0 = \text{Presión atmosférica (KPa)}.$

▪ $\dot{V}_a = \text{Flujo de caudal o volumétrico} (m^3/s).$

▪ $R_a = \text{Constante particular de los gases: } R = \frac{R_u}{M} \left(\frac{Kj}{Kg * K} \right).$

♣ **Siendo:**

♦ $R_u = \text{Constante universal de los gases} = 8.314 \frac{Kj}{Kmol * K}.$

♦ $M = \text{Masa molar (peso molecular)}.$

▪ $T_0 = \text{Temperatura ambiente (K)}.$

► **[Experimental]:**

$$\dot{m}_a \left(\frac{Kg}{h} \right) = 3600 * \rho_a * C_d * A_0 * \sqrt{2 * g * \Delta h} \quad \dots \dots \dots \text{Ec. (X.7)}$$



✓ Donde:

$$\rho_a \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{P_0}{R_a \cdot T_0} = \text{Densidad del aire} \approx 1290 \text{Kg/m}^3.$$

✎ Siendo:

- ♦ P_0 = Presión atmosférica (KPa).
- ♦ R_a = Cte. particular del aire $\approx 0.287 \text{ KJ/Kg} \cdot \text{K}$.
- ♦ T_0 = Temperatura ambiente (K).
- C_d = Coeficiente de descarga $< 1 \approx 0.98$.
- A_0 = Área de la sección mínima de la tobera [placa de Orificio] $= 0.0176 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$.
- g = Gravedad $= 9.81 \text{ m/s}^2$.
- ΔH = Deflexión del líquido del manómetro = Diferencia de presiones de flujo por efecto de obstrucción [Columna de aire] (m).

C. Momento efectivo (M_e).- Torque o Par Torsor; es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión de potencia.

$$M_e (N \cdot m) = F \cdot L \quad \dots \dots \text{Ec. (X.8)}$$

➤ Donde:

- F = Fuerza medida en el dinamómetro del freno (N).
- L = Longitud del brazo de palanca del dinamómetro $= 0.27 \text{ m}$.

D. Potencia indicada (\dot{W}_i).- Máxima potencia desarrollada por la sustancia de trabajo (gases de combustión), dentro de los cilindros del MCI, a medida que el pistón se mueve con movimiento alternativo (indicado en su respectivo manual).

$$\dot{W}_i \text{ (KW)} = \frac{2n}{\tau} * p.m.i * V_h * i \quad \dots\dots\dots \text{Ec. (X.9)}$$

➤ Donde:

- n = # RPM del eje del cigüeñal.
- τ = # Tiempos del motor por vuelta (# carreras que realiza el émbolo cada ciclo).

↗ 4 tiempos ➔ $\tau = 2$ (Revoluciones por ciclo del motor).

- $\frac{2n}{60}$ = # Carreras del émbolo por segundo.
- $\frac{2n}{60*\tau}$ = # Ciclos de trabajo por segundo que efectúa el motor.
- $p.m.i.$ = Presión media indicada (N/m^2).

- $V_h = \frac{\pi}{4} * D^2 * S = \text{Volumen de trabajo del cilindro (m}^3\text{)}$.

↗ Siendo:

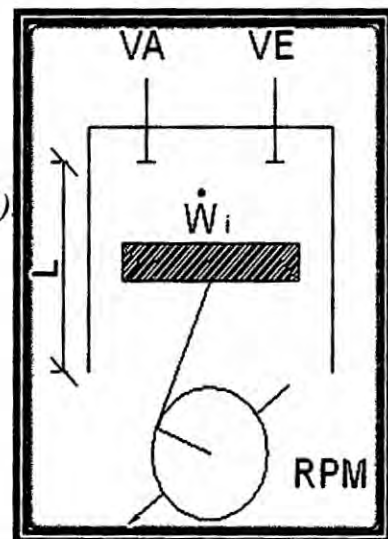
- ♦ $D = \text{Diámetro (m)}$.
- ♦ $S = \text{Carrera del émbolo (m)}$.

- $W_i = p.m.i.* V_h = \text{Trabajo indicado realizado por un cilindro en un ciclo (KJ)}$.

- i = # Cilindros.
- $V_h * i = \text{Cilindrada del motor (m}^3\text{)}$

➤ Donde:

- $VA = \text{Válvula de Admisión}$.
- $VE = \text{Válvula de Escape}$.
- $L = \text{Carrera (m)}$.



i. Diagrama del indicador o Diagrama indicado.- Registro gráfico

(se obtiene con un indicador) de la variación de presión y volumen de la sustancia de trabajo en un cilindro a medida que el pistón se

mueve con

movimiento

alternativo. El

diagrama indicado

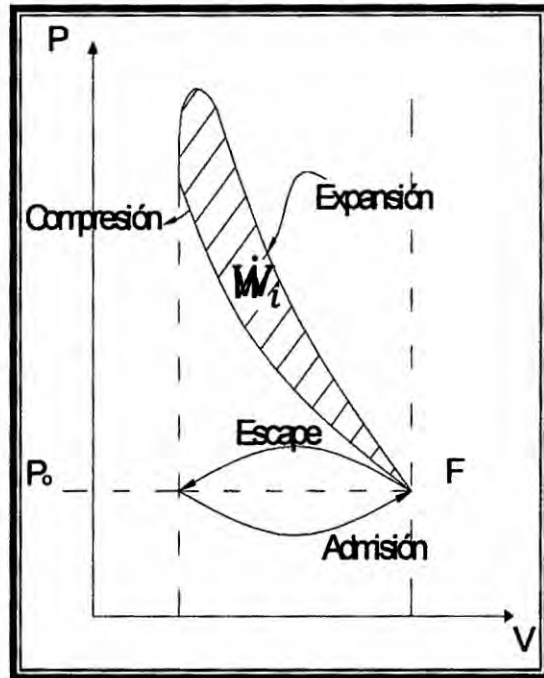
varía en gran medida

con la carga y el área

del diagrama indicado

se halla empleando un

planímetro.



➤ Donde:

- $\text{Área}_{\text{Diagrama indicado}} = \dot{W}_i \text{ (KW)}$

E. Pérdidas mecánicas en el motor.- Una parte del trabajo indicado

se gasta en vencer el rozamiento entre las piezas móviles

conjugadas (entre cilindro y émbolo, entre eje del cigüeñal y

cojinetes, entre volante y manivelas del cigüeñal), en el intercambio

de gases y en el accionamiento de los mecanismos auxiliares.

i. Potencia de las pérdidas mecánicas (\dot{W}_m):

$$\dot{W}_m \text{ (KW)} = \frac{p_m * V_h * i * n}{\tau} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.10)}$$

➤ Donde:

- p_m = Presión media de las pérdidas mecánicas (KPa).



- $V_h =$ Volumen de trabajo del cilindro (m^3).
- $i =$ # Cilindros.
- $n =$ # de vueltas del eje del cigüeñal (RPS).
- $\tau =$ Revoluciones por ciclo del motor.

ii. Presión media de las pérdidas mecánicas (p_m):

$$p_m(\text{KPa}) = a + b * v_n \dots\dots\dots \text{Ec. (X.11)}$$

► **Donde:**

- a y $b =$ Coeficientes constantes, dependen del tipo de motor.
 Motor E.CH. de 4 tiempos: $a = 0.45$ y $b = 0.145$
- $v_n = \frac{S * 2n}{60} =$ Velocidad media del émbolo (m/s).

 ► **Siendo:**

- ♦ $S =$ Carrera del émbolo (m).
- ♦ $n =$ # de vueltas del eje del cigüeñal (RPM).

F. Potencia efectiva (\dot{W}_e).- Potencia al eje, Potencia al freno o Potencia útil. Es la potencia realmente disponible en el eje del cigüeñal o potencia neta que puede extraerse de un motor.

$$\dot{W}_e(\text{KW}) = \dot{W}_i - \dot{W}_m \dots\dots\dots \text{Ec. (X.12)}$$

► **Donde:**

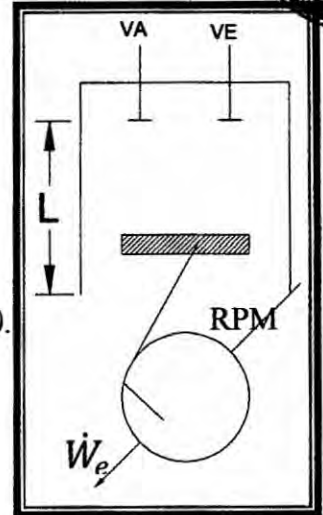
- $\dot{W}_i =$ Potencia Indicada.
- $\dot{W}_m =$ Potencia de las pérdidas mecánicas.

► **[Estequiométrico]:**

$$\dot{W}_e(\text{KW}) = \frac{p.m.e.* V_h * i * n}{\tau} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.13)}$$

• **Donde:**

- *p.m.e.* = Presión media efectiva (KPa).
- V_h = Volumen de trabajo del cilindro (m^3).
- i = # Cilindros.
- n = # de vueltas del eje del cigüeñal (RPS).
- τ = Revoluciones por ciclo del motor.



➤ **[Experimental]:**

$$\dot{W}_e (KW) = M_e * W = \frac{T_O * N}{9549} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.14)}$$

• **Donde:**

- M_e = Momento efectivo o Torque (KN * m).
- W = # Revoluciones (rad/s).
- T_O = Par Torsor (N*m).
- N = # de revoluciones del eje del cigüeñal (RPM).

$$\checkmark \text{ RPM} = \left(\frac{\text{Rev}}{2\pi}\right) * \left(\frac{60s}{1 \text{ min}}\right) = 9.549 * (\text{rad/s}).$$

G. Consumo específico de combustible (Ce_c).- Gasto de combustible referido a una unidad de potencia del motor.

➤ **Dependiendo del tipo de Potencia**

i. Consumo específico indicado de combustible (Ce_{ci}):

$$Ce_{ci} \left(\frac{Kg}{KW * H}\right) = \frac{\dot{m}_c}{\dot{W}_i} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.15)}$$

✓ **Donde:**

- \dot{m}_c = Flujo másico de combustible (Kg/H).
- \dot{W}_i = Potencia indicada (KW).



ii. Consumo específico efectivo de combustible ($Ce_{ce} = g_e$):

$$Ce_{ce} \left(\frac{Kg}{KW * h} \right) = \frac{G_c}{\dot{W}_e} \dots\dots\dots Ec. (X.16)$$

✓ Donde:

- G_c = Consumo horario de combustible (Kg/h).
- \dot{W}_e = Potencia efectiva (KW).

H. Presión media (p.m.)

➤ **Dependiendo del tipo de potencia:**

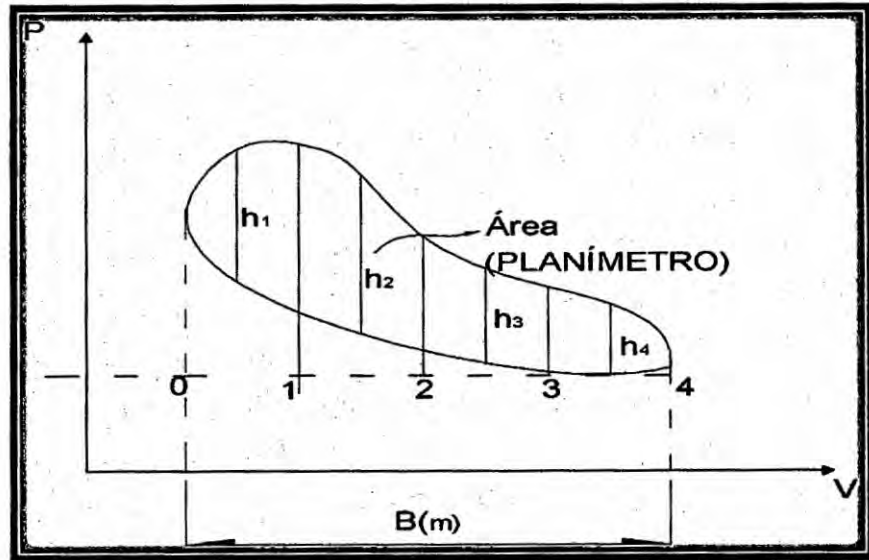
i. Presión media indicada (p.m.i.).- Medida del trabajo que se genera en el interior de los cilindros del motor por unidad de volumen barrido (presión de los gases durante la combustión), es una presión constante convencional.

$$p. m. i. (KPa) = \frac{w_i}{v_d} = \frac{W_i}{V_D} = \frac{\dot{W}_i}{\dot{V}_D} \dots\dots\dots Ec. (X.17)$$

✓ Donde:

- w_i = Trabajo indicado específico (KJ/Kg).
- v_d = Volumen específico (m^3/Kg).
- W_i = Trabajo indicado (KJ).
- V_D = Volumen barrido o desplazado (m^3).
- \dot{W}_i = Potencia indicada (KW).
- \dot{V}_D = Caudal desplazado (m^3/s).

$$p. m. i (KPa) = h_m * e \dots\dots\dots Ec. (X.18)$$



✓ Donde:

- $h_m = (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) / 4 =$ *Altura media del diagrama (mm).*
- $e =$ *Resorte del diagrama (KPa/mm).*
- $B =$ *Base del diagrama indicado (m).*
- $S =$ *Superficie del diagrama indicado (m²).*

ii. **Factor de Diagrama (f.d.)**.- Área del diagrama indicado dividido al área del diagrama teórico P - V.

$$f. d. = \frac{\text{Área}_{Real (P-V)}}{\text{Área}_{Teórica (P-V)}} = \frac{\dot{W}_i}{\dot{W}_t} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.19)}$$

✓ Donde:

- $\dot{W}_i =$ *Potencia indicada (KW).*
- $\dot{W}_t =$ *Potencia total (KW).*

iii. **Presión media efectiva (p.m.e.)**.- Concepto conveniente a la hora de juzgar cual es la potencia útil que puede dar un motor en condiciones de seguridad (presión de los gases después de



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



la combustión, está en función de la velocidad del émbolo / pistón). No puede medirse directamente, pero puede calcularse conociendo: \dot{W}_e , RPM, d_p , Carrera.

$$p. m. e. (KPa) = \frac{w_e}{v_d} = \frac{W_e}{V_D} = \frac{\dot{W}_e}{\dot{V}_D} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.20)}$$

✓ Donde⁶⁵:

- w_e = Trabajo efectivo específico (KJ/Kg).
- v_d = Volumen específico (m^3/Kg).
- W_e = Trabajo efectivo (KJ).
- V_D = Volumen desplazado (m^3).
- \dot{W}_e = Potencia efectiva (KW).
- \dot{V}_D = Caudal desplazado (m^3/s).

➤ [Experimental]:

$$p. m. e. (KPa) = \frac{1200 * \dot{W}_e}{V_h * N} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.21)}$$

✓ Donde:

- \dot{W}_e = Potencia efectiva (KW).
- V_h = Cilindrada del motor (L).
- N = # de vueltas del eje del cigüeñal (RPM).

I. Eficiencia térmica (η_t)

➤ Dependiendo del tipo de potencia:

i. Eficiencia térmica indicada (η_{t_i}).- Concepto muy útil para los trabajos de investigación y de laboratorio pero es de muy poca utilidad para los procesos de motores.

⁶⁵ Véase la fig. N° X.2 / Gráfica P – V, en la pág. 226 & fig. N° X.4, en la pág. 228.



$$n_{ti} = \frac{\dot{W}_i}{\dot{m}_c * PCI} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.22)}$$

✓ Donde:

- \dot{W}_i = Potencia Indicada (KW).
- \dot{m}_c = Flujo Másico de Combustible (Kg/s).
- PCI = Poder calorífico inferior del combustible (KJ/Kg).
- ✓ $PCI_{(Gasolina)} = 44,000 \text{ KJ/Kg.}$
- ✓ $PCI_{(GLP)} = 46,055 \text{ KJ/Kg.}$
- $0.25 \leq n_{ti} \leq 0.35$ (Motor E.CH.).

ii. Eficiencia térmica efectiva (n_{te}).- Nos informa acerca de la eficacia con que un motor convierte en energía real la energía contenido en el combustible que consume. Es parte del calor suministrado al motor y transformado en trabajo efectivo.

$$n_{te} = \frac{3600 * \dot{W}_e}{\dot{m}_c * PCI} = \frac{3600}{PCI * g_e} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.23)}$$

✓ Donde:

- \dot{W}_e = Potencia Efectiva (KW).
- \dot{m}_c = Consumo horario de combustible (Kg/s).
- PCI = Poder calorífico inferior del combustible (KJ/Kg).
- g_e = Consumo específico efectivo de combustible (Kg/KW*H).
- $0.21 \leq n_{te} \leq 0.28$ (Motor E.CH.).

J. Eficiencia o Rendimiento volumétrico [Coeficiente de llenado]

(n_v).- Relación que existe entre el \dot{m}_a realmente aspirado en un



cilindro en comparación con el \dot{m}_a máximo posible (idealmente debiera entrar, cabría en el V_D) teniendo en cuenta las condiciones ambientales (1.013 bar, 15 °C).

$$n_v = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_{a_{C.N.}}} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.24)}$$

✓ **Donde:**

- \dot{m}_a = Flujo másico de aire real (Kg/s).
- $\dot{m}_{a_{C.N.}}$ = Flujo másico de aire a condiciones ambientales (Kg/s).

➤ **[Experimental]:**

$$n_v = \frac{\dot{m}_a}{\left(\frac{60}{\tau}\right) * V_h * \rho_a * N} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.25)}$$

✓ **Donde:**

- \dot{m}_a = Flujo másico de aire (Kg/h).
- τ = Número de tiempos del motor.
- ♦ 4 Tiempos → $\tau = 2$.
- V_h = Cilindrada del motor (m^3).
- ρ_a = Densidad del aire (kg/m^3).
- N = # de vueltas del cigüeñal (RPM).

K. Eficiencia Mecánica (n_m).- Trabajo que se entrega al acoplamiento de la máquina (Trabajo efectivo) y el que producen los gases sobre el pistón (Trabajo indicado), la relación entre ambos es la eficiencia mecánica (eficiencia \approx pérdidas).



$$n_m = \frac{\dot{W}_e}{\dot{W}_i} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.26)}$$

✓ Donde:

- $0.7 \leq n_m \leq 0.9$.
- $\dot{W}_e = \text{Potencia efectiva (KW)}$.
- $\dot{W}_i = \text{Potencia indicada (KW)}$.

L. Consumo específico de calor (Ce_{ca}).- Energía que se carga a los motores cuando la producción de estos es la unidad trabajo apropiada.

➤ **Dependiendo del tipo de potencia:**

i. Consumo específico indicado de calor (Ce_{ca_i}):

$$Ce_{ca_i} = \frac{\dot{m}_c * P.C}{\frac{\dot{W}_i}{3600}} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.27)}$$

✓ Donde:

- $\dot{m}_c = \text{Flujo másico de combustible (Kg/s)}$.
- $P.C = \text{Poder calorífico (KJ/Kg)}$.
- $\dot{W}_i = \text{Potencia indicada (KW)}$.

ii. Consumo Específico Efectivo de Calor (Ce_{ca_e}):

$$Ce_{ca_e} = \frac{\dot{m}_c * P.C}{\frac{\dot{W}_e}{3600}} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.28)}$$

✓ Donde:

- $\dot{m}_c = \text{Consumo Horario de Combustible (Kg/s)}$.
- $P.C = \text{Poder Calorífico (KJ/Kg)}$.



▪ $\dot{W}_e = \text{Potencia efectiva (KW)}$.

M. Coeficiente de exceso de aire (α).- La proporción entre la cantidad de aire real y la estequiométricamente necesaria se conoce como coeficiente de exceso de aire.

$$\alpha = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_c * l_0} \dots\dots\dots \text{Ec. (X.29)}$$

✓ Donde:

- $\dot{m}_a = \text{Consumo horario de aire (Kg/h)}$.
- $\dot{m}_c = \text{Flujo másico de combustible (Kg/h)}$.
- $l_0 = \text{Cantidad teórica necesaria para combustionar totalmente 1Kg de combustible (relación aire - combustible estequiométrico)}$

$$r_a = 14.45 \frac{\text{KgAire}}{\text{KgComb.}}$$

➤ [Estequiométrico]: $l_0 = \frac{1}{0.23} * (\frac{8}{3} * C + 8 * H - O_c)$

➤ [Real]: $C_x H_y + b * (O_2 + 3.76 * N_2) = CO_2 + H_2O + N_2$

3.3. Características del régimen de un funcionamiento: El vehículo automotor opera siendo variables las condiciones de carga y velocidad; por eso, la potencia del motor siempre deberá corresponder a aquella que sea necesaria para el movimiento del vehículo con la velocidad requerida y asegurando las cualidades dinámicas dadas a elevados índices de economía de combustible. Para analizar el funcionamiento del motor es necesario tener una serie de características que determinan la variación de sus principales índices en función de alguno de sus parámetros característicos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



3.3.1. Parámetros de admisión: Se evalúan a través de:

- a. **Eficiencia volumétrica (η_v).**- Determina la cantidad de aire real con respecto a la cantidad de aire teórico que ingresa al cilindro.
- b. **Coefficiente de exceso de aire (α).**- Determina el enriquecimiento o empobrecimiento de la mezcla.

3.3.2. Curvas características externas de velocidad.- Representación gráfica de los parámetros del ciclo de trabajo y de los parámetros efectivos del motor en función de la variación de la velocidad de rotación del eje del cigüeñal. Cuando la mariposa de gases del carburador está completamente abierta (motor E.CH.) o cuando la cremallera de la bomba de inyección del combustible se encuentre en la posición correspondiente a la máxima alimentación (motor diésel). Se denomina características externas de velocidad a la variación en función de la frecuencia de rotación de:

- Potencia efectiva (\dot{W}_e).
- Momento torsional, Para motor o Momento efectivo (M_e).
- Consumo específico efectivo de combustible ($Ce_{c_e} = g_e$).
- Eficiencia térmica efectiva (η_{t_e}).

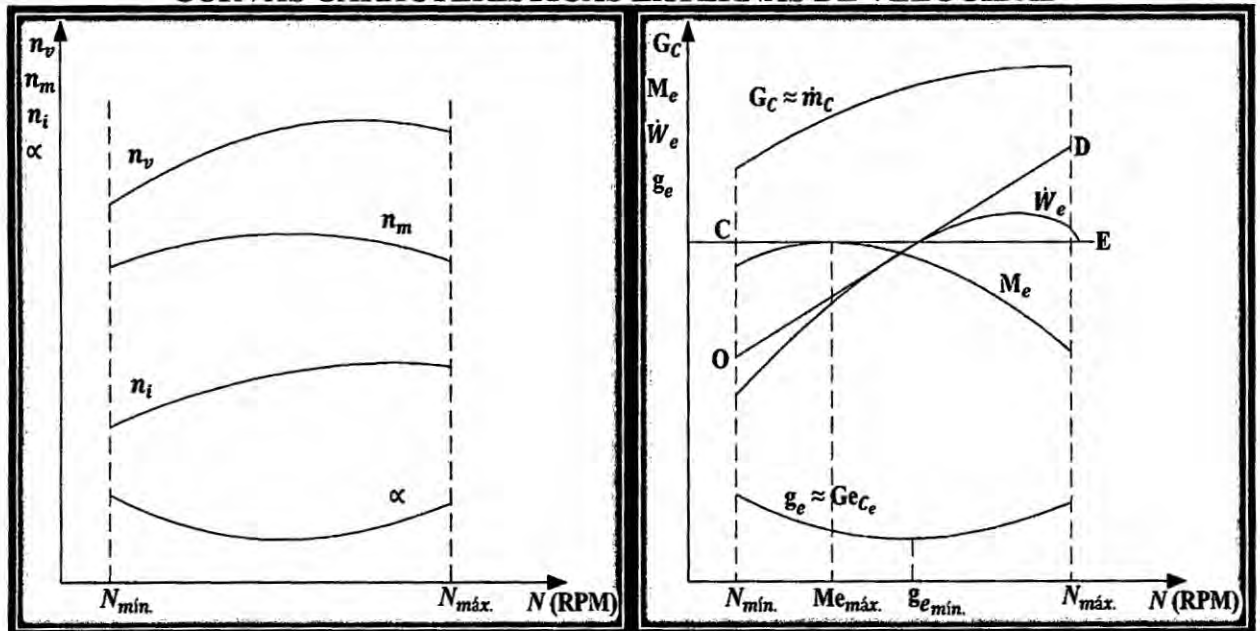
Al obtener estas características se registran otros parámetros como:

- Consumo horario de combustible (G_c) o Flujo másico de combustible (\dot{m}_c).
- Eficiencia o Rendimiento volumétrica o Coeficiente de llenado (η_v).

- Coeficiente de exceso de aire (α).
- Potencia indicada (\dot{W}_i).
- Eficiencia mecánica (η_m).

➤ Condición.- El MCI no puede experimentar cargas cuando el número de revoluciones del eje del cigüeñal es pequeño.

FIGURA N° X.7
CURVAS CARACTERÍSTICAS EXTERNAS DE VELOCIDAD



Fuente: Propio de los autores.

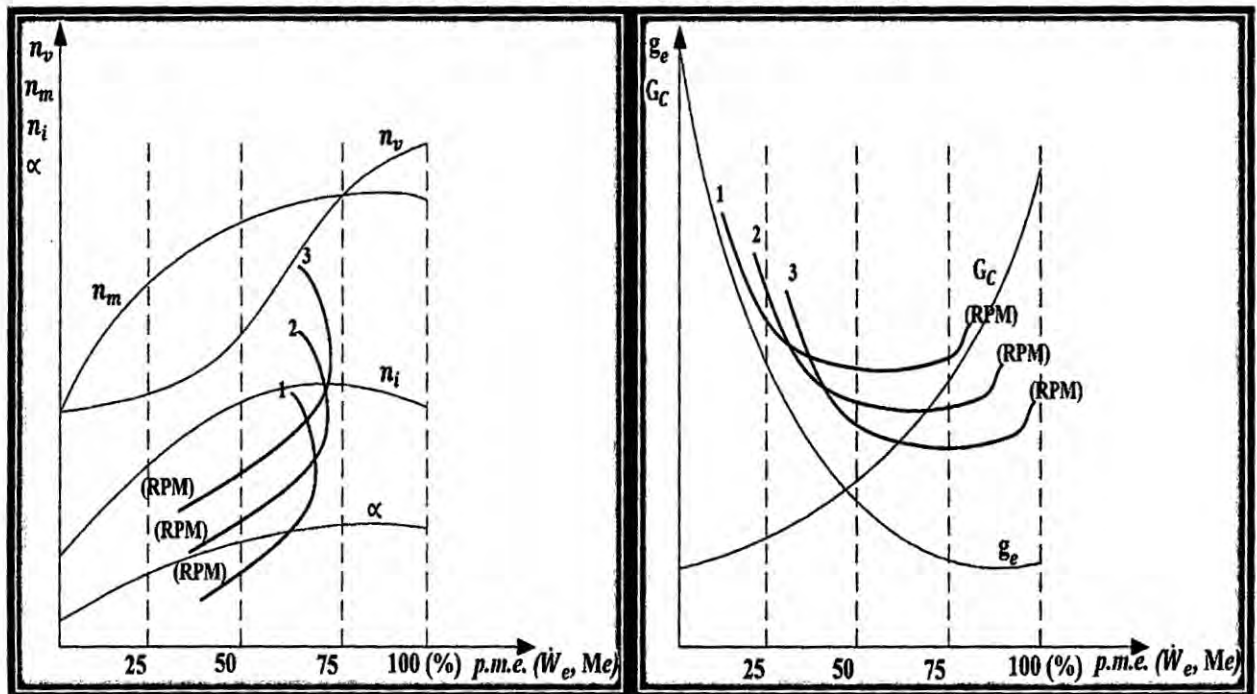
3.3.3. Curvas características de carga.- Representación gráfica de la variación de los principales índices del motor (parámetros del ciclo de trabajo y parámetros efectivos en función de la carga a una velocidad de rotación constante del eje del cigüeñal). La característica de carga queda determinada por 3 parámetros que definen los regímenes de funcionamiento:

- Consumo horario y específico de combustible a plena carga.

- Consumo horario y específico de combustible mínima carga.
 - Consumo horario y específico de combustible en marcha en vacío
- Como variable de carga se consideran a cualquiera de los siguientes parámetros:

- Potencia Efectiva (\dot{W}_e).
- Momento Torsional, Par motor o Momento Efectivo (M_e).
- Presión Media Efectiva (p.m.e.).

FIGURA N° X.8
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE CARGA



Fuente: Propio de los autores.

El ensayo consiste en obtener dos características de carga, correspondientes a las velocidades de máximo par y potencia nominal del motor; para ello, al hacer las pruebas en el Banco de frenado, la carga del motor se varía desplazando el órgano de mando de la alimentación del combustible.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



3.3.4. Órgano de mando del sistema de alimentación del combustible.- Es

la mariposa de gases del carburador de los MCI de encendido por chispa (E.CH.) o la cremallera de la bomba de inyección del combustible en los MCI de encendido por compresión (E.C.).

3.3.5. Características parciales de la velocidad.- Es la característica de

velocidad del motor, en la que el órgano del mando del sistema de alimentación del combustible ocupa una posición intermedia. En consecuencia, dentro de los límites de movimiento del órgano de mando existirán tantas características parciales como posiciones intermedias de la mariposa de gases o de la cremallera hayan.

3.4. Performance

Lo utilizaremos para comparar la tendencia de las curvas características fundamentales externas (representación gráfica para predecir el comportamiento de la máquina) que rigen el funcionamiento real de un MCI al satisfacer necesidades de carga (aire que ingresa al MCI) a regímenes de operación variable (diferentes rpm), para establecer la relación que existe entre las potencias, eficiencia y consumo específicos.

IV. ESQUEMA GENERAL DEL EQUIPO

- Banco de pruebas.
- Motor de combustión interna E.CH. con sistema dual.
- Freno hidráulico dinamométrico.
- Medidor de flujo de aire.
- Medidor de caudal del combustible.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



- Tacómetro
- Cronómetro.

V. INDICACIONES GENERALES

- a. Reconocer y verificar del estado de funcionamiento de los equipos que conforman el Banco de Pruebas, sin arrancar el motor.
- b. Poner en funcionamiento el circuito de agua de alimentación del freno hidráulico y purgar el freno hidráulico.
- c. La temperatura máxima del agua a la salida del freno no debe exceder de 60°C.
- d. Encender el motor y aproximadamente durante 10 minutos realizar un control permanente de la presión del aceite lubricante y de la temperatura del agua refrigerante, para mantener la temperatura normal de funcionamiento del motor en el rango de 65 - 75 °C, durante las respectivas experiencias, dicha temperatura se controlará observando el termómetro de medición de la temperatura de salida del agua refrigerante.
- e. Verificar que el control de aceleración del motor, este cercano al mínimo.
- f. Control permanente de la temperatura de salida del líquido refrigerante, debido a que no debe variar respecto a la magnitud inicial.

VI. PROCEDIMIENTO

6.1. Curvas características externas de velocidad:

- a. Con la mariposa de gases del carburador completamente abierta (en su máximo suministro) y ayudándose con el freno, establecer el régimen de velocidad mínima ($n_{\min.} = 1000 \text{ RPM}$), midiendo con el tacómetro.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



- b. Esperar el funcionamiento estable del motor y luego efectuar las mediciones respectivas.
- c. Para medir la carga aplicada es necesario coincidir la aguja del freno hidráulico y la aguja móvil del dinamómetro, mediante las manivelas.
- d. Disminuyendo la carga en el freno (aflojar), aumentar la velocidad de rotación del eje del cigüeñal en magnitud de 500 en 500 RPM y luego efectuar las respectivas mediciones.
- e. Repetir sucesivamente el punto “d” y efectuar la última medición cuando el motor alcance la máxima velocidad ($\eta_{\text{máx.}} = 5500 \text{ RPM}$).
- f. Para apagar el motor, ir disminuyendo la carga y al mismo tiempo restringir el suministro de combustible, después de 5 minutos apagar el motor.

6.2. Características de carga:

- a. Estando el motor funcionando sin carga (freno libre), con la ayuda de la mariposa de gases del carburador, establecer el régimen de velocidad correspondiente al máximo par del motor, en este caso 2500 RPM (velocidad mínima) para el motor Daewoo de Tico.
- b. Mantenimiento constante las RPM del motor hacer variar la carga aplicando el freno y, efectuar las mediciones indicadas.
- c. Desplazar la posición de la mariposa de gases del carburador en el sentido de mayor suministro de combustible (acelerar), con el objetivo de incrementar la velocidad del motor, de 300 en 300 RPM.
- d. Restablecer con la ayuda del freno (reóstato del tablero de control) la



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



- velocidad inicial del ensayo (1500 a 2000 RPM).
- e. Esperar el funcionamiento estable del motor y luego efectuar las mediciones correspondientes.
 - f. Repetir los pasos “c”, “d” y “e” por lo menos 3 veces, con el objetivo de asegurar la construcción de las gráficas de características de carga.
 - g. Repetir el mismo procedimiento, pero para la velocidad correspondiente al régimen nominal de 3000 RPM (velocidad máxima) para el motor Daewoo de Tico.
 - h. Apagar el motor, disminuyendo la carga y al mismo tiempo, restringir el combustible.

VII. TABULACIÓN DE DATOS

7.1. Curvas características externas de velocidad:

Para un régimen de operación: $RPM \neq Cte.$

Punto	N (RPM)	F (N)	V (cc)	t (s)	ΔH (cm)	Po (KPa)	To (°C)
1							
2							
3							

✓ **Donde:**

- *N* = Régimen de operación del motor = Velocidad de rotación del eje del cigüeñal (RPM).
- *F* = Carga en el dinamómetro (N).
- *V* = Volumen del combustible consumido en la bureta de medición (cc).
- *t* = Tiempo de consumo del combustible desde la bureta de medición (s).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



- ΔH = *Altura manométrica = Diferencia de presiones en el dispositivo de medición del flujo de aire (cm).*
- P_o = *Presión ambiental = Presión barométrica (KPa).*
- T_o = *Temperatura ambiental = Temperatura del aire de ingreso en el motor (°C).*

7.2. Curvas características de carga:

Para un régimen de operación: **RPM = Cte.**

Punto	N (RPM)	F (N)	t (s)	V (cc)	ΔH (cm)	P_o (kPa)	T_o (°C)
Plena Carga							
Mínima Carga							
Vacío							

VIII. PARÁMETROS DEL MCI A CALCULAR

8.1. Curvas características externas de velocidad:

- a. Consumo horario de combustible (G_c) o Flujo másico de combustible (\dot{m}_c).
- b. Consumo horario de aire (G_a) o Flujo másico de aire (\dot{m}_a).
- c. Momento torsional o Momento efectivo (M_e).
- d. Potencia efectiva del MCI (\dot{W}_e).
- e. Consumo específico efectivo de combustible ($Ce_{c_e} = g_e$).
- f. Presión media efectiva (p.m.e.).
- g. Eficiencia térmica efectiva (η_{t_e}).
- h. Eficiencia o Rendimiento volumétrica o Coeficiente de llenado (η_v).
- i. Coeficiente de exceso de aire (α).



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



8.2. Curvas características de carga:

Son similares a los de las curvas características externas de velocidad, solo que en este caso todos los parámetros se toman con respecto a RPM constante.

IX. TABULACIÓN DE RESULTADOS:

9.1. Curvas características externas de velocidad:

Para un régimen de operación: $RPM \neq Cte.$

Punto	G_C (Kg/H)	G_a (Kg/H)	M_e (N*m)	\dot{W}_e (KW)	g_e (Kg/KW*H)	p.m.e. (KPa)	n_{te}	n_v	α
1									
2									
3									

9.2. Curvas características de carga:

Para un régimen de operación: $RPM = Cte.$

Punto	G_C (Kg/H)	G_a (Kg/H)	M_e (N*m)	\dot{W}_e (KW)	g_e (Kg/KW*H)	p.m.e. (KPa)	n_{te}	n_v	α
1									
2									
3									

X. GRAFICAR

1. Curvas características externas de velocidad.
2. Curvas características de carga para la velocidad nominal y para otro régimen de velocidad.

XI. CUESTIONARIO

1. ¿Qué es la característica externa de velocidad de un MCI?
2. ¿Qué es la característica de carga de un MCI?
3. ¿Por qué no es lineal la variación de la Potencia del motor en función del



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
INSTITUTO DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA



número de vueltas del eje del cigüeñal?

4. ¿Por qué la potencia del motor cae cuando la velocidad sobrepasa el valor nominal?
5. ¿Cuál es el rango óptimo de velocidad para el funcionamiento de un motor?

XII. BIBLIOGRAFÍA

- GUTIÉRREZ H., Esteban A. (2005). **Cálculo, selección y montaje de los componentes de un banco de instrucción experimental para un motor diésel de 100HP a régimen variable**. Informe de Tesis de Titulación. UNAC, Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía. Callao.
- JOVAJ, M. S. y MASLOV, G. S. (1982). **Motores de Automóvil**. (Primera Edición). Moscú. Editorial Mir de Rusia.
- Laboratorio de Mecánica de Fluidos y Máquinas Térmicas, FIME - UNAC. (2006). **Características de velocidad y de carga de los motores de combustión interna**. Laboratorio de Termodinámica II. Vol. II. (1): 1-6.
- Laboratorio del Departamento de Máquinas y Motores Térmicos, Universidad del País Vasco, Escuela Universitaria Politécnica de San Sebastián. (1998). **Banco de ensayo de Motores**. (Segunda Edición). España. Artículo Web: webmaster@ehu.es. Consultada el 28 de julio del 2014. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/bancomot.htm>.

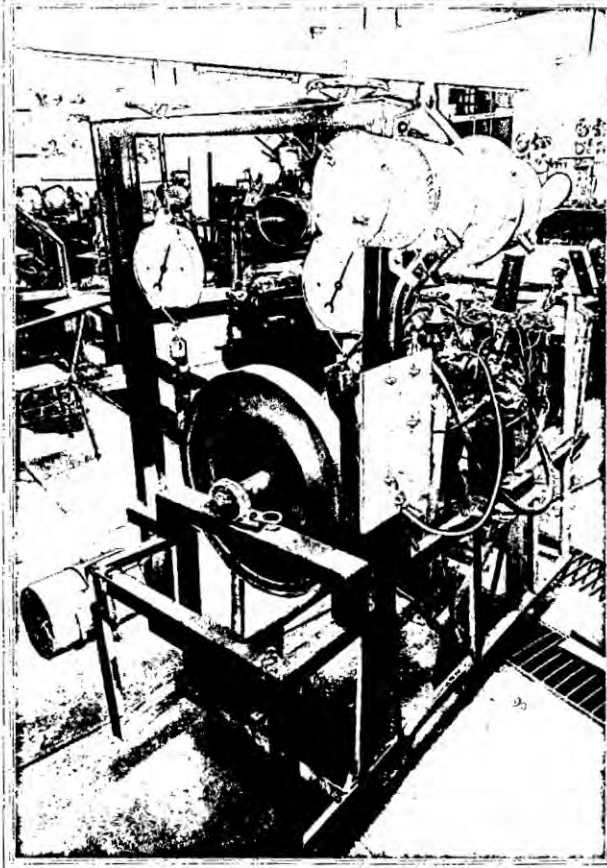
ANEXO N° XI

EXPERIENCIA DE LABORATORIO

11.1. Datos generales

FIGURA N° XI.1

BANCO DE PRUEBAS DE FRENO PRONY



Fuente: IMCI. FIME - UNAC.

11.1.1. Lugar de la experiencia de laboratorio: Instituto de motores de combustión interna - IMCI, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía – FIME. Universidad Nacional del Callao – UNAC.

11.1.2. Fecha de la experiencia de laboratorio: 08 / 10 / 2014.

11.1.3. Condiciones atmosféricas⁶⁶: Ubicación geográfica del Callao, Costa.

- **Temperatura** : 18.5 °C.
- **Presión** : 101.47 KPa.
- **Humedad relativa** : 83 %

⁶⁶ SENAMHI. Website: <http://www.senamhi.gob.pe/>

11.1.4. Características técnicas del Banco de pruebas:

- **MCI de prueba**⁶⁷ : Daewoo. 800 cc (40 HP). Sistema dual (Gasolina y GLP).
- **Freno dinamométrico** : Freno PRONY.

11.2. Tabulación de la toma de datos obtenidos en el banco de pruebas

De acuerdo al código ASME, el régimen de operación del MCI de prueba oscilará dentro del rango: 25% lectura total \leq RPM \leq 75% lectura total; es decir: 25% * 5500 RPM = 1375 RPM y 75% * 5500 RPM = 4125 RPM.

CURVA CARACTERÍSTICA DE VELOCIDAD						
RPM \neq cte						
Punto	N (RPM)	F (N)		V (cc)	t (s)	ΔH (cm)
		Gasolina	GLP			
1	2006	92	64	5	5.79	9
2	1907	93	65	5	6.36	9
3	1810	101	71	5	6.44	9
4	1711	111	78	5	7.17	9
5	1605	116	81	5	7.69	9
6	1514	115	82	5	8.55	9
7	1406	115.5	82.5	5	9.02	9

11.2.1. Leyenda: Para ambos sistemas de combustible (Gasolina y GLP)

- **N (RPM)** : Velocidad de rotación del eje del cigüeñal.
- **F (N)** : Carga en el dinamómetro del freno.
- **V (cc)** : Volumen del combustible consumido en la bureta de medición.
- **t (s)** : Tiempo de consumo del combustible desde la bureta de medición.
- **ΔH (cm)** : Deflexión del líquido del manómetro (mercurio).

⁶⁷ Véase las características técnicas del MCI de prueba, en la pág. 58 @ 59.

DATOS ADICIONALES		
*L: Longitud de brazo de momento, radio del tambor, (m).	=	0.25
* ρ_g : Densidad de la gasolina ($\frac{g}{cc}$).	=	0.76
*P.C.I. (Hu): Poder calorífico inferior de la gasolina ($\frac{KJ}{Kg}$).	=	44,000
* ρ_{GLP} : Densidad del GLP ($\frac{g}{cc}$).	=	0.56
*P.C.I. (Hu): Poder calorífico inferior del GLP ($\frac{Kcal}{kg}$).	=	46,055
* ρ_a : Densidad del aire ($\frac{g}{cc}$).	=	1.29
*g: Gravedad ($\frac{m}{s^2}$).	=	9.81
*Vh: Cilindrada (cc).	=	800

11.3. Análisis y metodología de cálculo: Gasolina

Se tomó como referencia al punto # 4; análogamente se procederá a evaluar a los puntos restantes, los cuales se detallarán en la tabulación de resultados.

11.3.1. Consumo horario de combustible⁶⁸: $G_c \left(\frac{Kg}{h}\right) = 3.6 * \rho_c * \frac{V}{t}$

➤ Punto # 4 : $G_{c4} = 3.6 * 0.76 \left(\frac{g}{cm^3}\right) * \frac{5(cm^3)}{7.17(s)} = 1.908 \text{ Kg/h}$

11.3.2. Momento efectivo⁶⁹: $M_e (N*m) = F * L$

➤ Punto # 4 : $M_{e4} = 111N * 0.25m = 27.75 \text{ N*m}$

11.3.3. Potencia efectiva⁷⁰: $\dot{W}_e (KW) = \frac{M_e * N}{9549}$

➤ Punto # 4 : $\dot{W}_{e4} = \frac{27.75(N*m) * 1711(RPM)}{9549} = 4.972 \text{ KW}$

11.3.4. Consumo específico efectivo de combustible⁷¹: $g_e \left(\frac{Kg}{KW*h}\right) = \frac{G_c}{\dot{W}_e}$

➤ Punto # 4 : $g_{e4} = \frac{1.908 \text{ Kg/h}}{4.972 \text{ KW}} = 0.384 \text{ Kg/KW*h}$

11.5.1. Eficiencia térmica efectiva⁷²: $n_{t_e} = \frac{3600 * \dot{W}_e}{G_c * PCI}$

➤ Punto # 4 : $n_{t_{e4}} = \frac{3600 * 4.972 \text{ KW}}{1.908 \text{ Kg/h} * 44000} = 0.213$

⁶⁸ Véase la ecuación # X.5, del Anexo N° X, en la pág. 231.

⁶⁹ Véase la ecuación # X.8, del Anexo N° X, en la pág. 233.

⁷⁰ Véase la ecuación # X.14, del Anexo N° X, en la pág. 237.

⁷¹ Véase la ecuación # X.16, del Anexo N° X, en la pág. 238.

⁷² Véase la ecuación # X.23, del Anexo N° X, en la pág. 241.

11.4. Tabulación de resultados: Curvas características externas de velocidad

11.4.1. Consumo horario de combustible: $G_c \left(\frac{Kg}{h}\right) = 3.6 * \rho_c * \frac{V}{t}$

Punto	$\rho_{Gasolina}(\frac{g}{cm^3})$	V (cc)	t (s)	Gc (Kg/h)
1	0.76	5	5.79	2.363
2			6.36	2.151
3			6.44	2.124
4			7.17	1.908
5			7.69	1.779
6			8.55	1.6
7			9.02	1.517

11.4.2. Momento efectivo: $Me (N*m) = F * L$

Punto	F (N)	L (m)	Me (N*m)
1	92	0.25	23
2	93		23.25
3	101		25.25
4	111		27.75
5	116		29
6	117		29.25
7	117.5		29.375

11.4.3. Potencia efectiva: $\dot{W}_e (KW) = \frac{Me * N}{9549}$

Punto	Me (N*m)	N (RPM)	$\dot{W}_e (KW)$
1	23	2006	4.832
2	23.25	1907	4.643
3	25.25	1810	4.786
4	27.75	1711	4.972
5	29	1605	4.874
6	29.25	1514	4.638
7	29.375	1406	4.325

11.4.4. Consumo específico efectivo de combustible: $g_e \left(\frac{Kg}{KW*h}\right) = \frac{G_c}{\dot{W}_e}$

Punto	Gc (Kg/h)	$\dot{W}_e (KW)$	$g_e (Kg/KW*h)$
1	2.363	4.832	0.489
2	2.151	4.643	0.463
3	2.124	4.786	0.444
4	1.908	4.972	0.384
5	1.779	4.874	0.365
6	1.6	4.638	0.345
7	1.517	4.325	0.351

11.4.5. Eficiencia térmica efectiva: $n_{te} = \frac{3600 \cdot \dot{W}_e}{G_c \cdot PCI}$

Punto	\dot{W}_e (KW)	G_c (Kg/h)	PCI _{Gasolina} (KJ/Kg)	n_{te}
1	4.832	2.363	44000	0.167
2	4.643	2.151		0.176
3	4.786	2.124		0.184
4	4.972	1.908		0.213
5	4.874	1.779		0.224
6	4.638	1.6		0.237
7	4.325	1.517		0.233

11.5. Análisis y metodología de cálculo: GLP

Se tomó como referencia al punto # 4; análogamente se procederá a evaluar a los puntos restantes, los cuales se detallarán en la tabulación de resultados.

11.5.2. Consumo horario de combustible: $G_c \left(\frac{Kg}{h}\right) = 3.6 \cdot \rho_c \cdot \frac{V}{t}$

➤ Punto # 4 : $G_{c4} = 3.6 \cdot 0.56 \left(\frac{g}{cm^3}\right) \cdot \frac{5(cm^3)}{7.17(s)} = 1.406 \text{ Kg/h}$

11.5.3. Momento efectivo: $Me \text{ (N*m)} = F \cdot L$

➤ Punto # 4 : $Me_4 = 78N \cdot 0.25m = 19.5 \text{ N*m}$

11.5.4. Potencia efectiva: $\dot{W}_e \text{ (KW)} = \frac{Me \cdot N}{9549}$

➤ Punto # 4 : $\dot{W}_{e4} = \frac{19.5(N*m) \cdot 1711(RPM)}{9549} = 3.494 \text{ KW}$

11.5.5. Consumo específico efectivo de combustible: $g_e \left(\frac{Kg}{KW \cdot h}\right) = \frac{G_c}{\dot{W}_e}$

➤ Punto # 4 : $g_{e4} = \frac{1.406 \text{ Kg/h}}{3.494 \text{ KW}} = 0.402 \text{ Kg/KW} \cdot h$

11.5.6. Eficiencia térmica efectiva: $n_{te} = \frac{3600 \cdot \dot{W}_e}{G_c \cdot PCI}$

➤ Punto # 4 : $n_{te4} = \frac{3600 \cdot 3.494 \text{ KW}}{1.406 \text{ Kg/h} \cdot 46055} = 0.194 \text{ Kg/KW} \cdot h$

11.6. Tabulación de resultados: Curvas características externas de velocidad

11.6.1. Consumo horario de combustible: $G_c \left(\frac{Kg}{h}\right) = 3.6 \cdot \rho_c \cdot \frac{V}{t}$

Punto	$\rho_{GLP}(\%/cm^3)$	V (cc)	t (s)	Gc (Kg/h)
1	0.56	5	5.79	1.741
2			6.36	1.585
3			6.44	1.565
4			7.17	1.406
5			7.69	1.311
6			8.55	1.179
7			9.02	1.118

11.6.2. Momento efectivo: $Me (N*m) = F * L$

Punto	F (N)	L (m)	Me (N*m)
1	64	0.25	16
2	65		16.25
3	71		17.75
4	78		19.5
5	81		20.25
6	82		20.5
7	82.5		20.625

11.6.3. Potencia efectiva: $\dot{W}_e (KW) = \frac{Me * N}{9549}$

Punto	Me (N*m)	N (RPM)	$\dot{W}_e (KW)$
1	16	2006	3.361
2	16.25	1907	3.245
3	17.75	1810	3.364
4	19.5	1711	3.494
5	20.25	1605	3.4
6	20.5	1514	3.25
7	20.625	1406	3.037

11.6.4. Consumo específico efectivo de combustible: $g_e \left(\frac{Kg}{KW*h} \right) = \frac{Gc}{\dot{W}_e}$

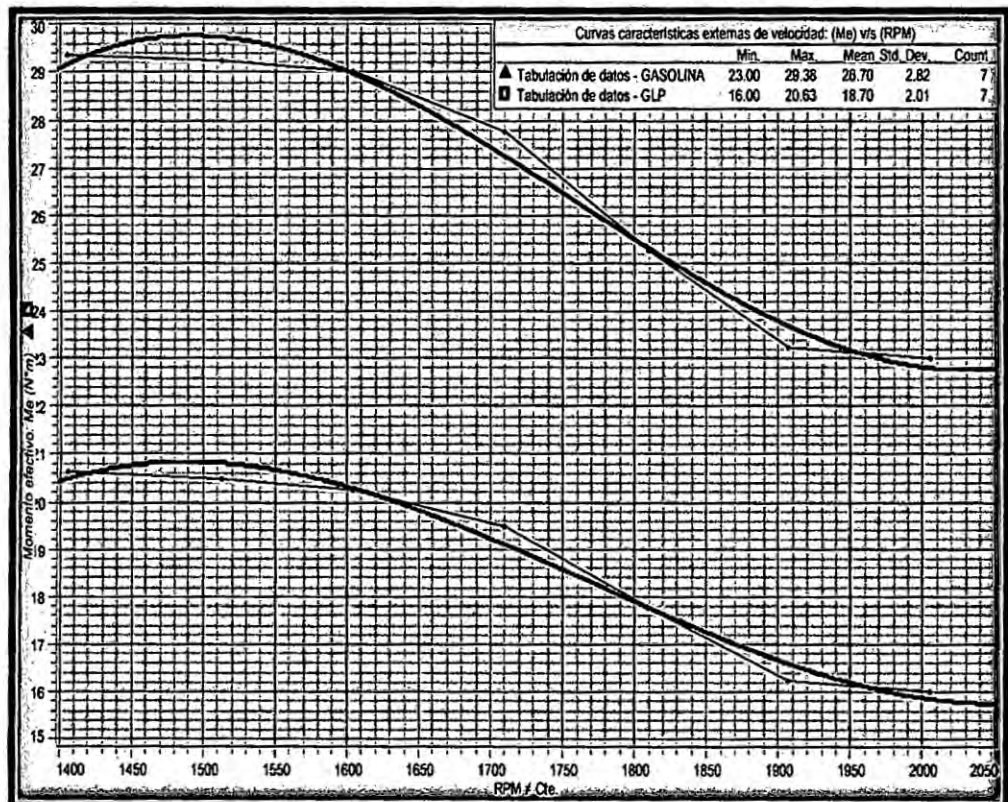
Punto	Gc (Kg/h)	$\dot{W}_e (KW)$	$g_e (Kg/kw*h)$
1	1.741	3.361	0.518
2	1.585	3.245	0.488
3	1.565	3.364	0.465
4	1.406	3.494	0.402
5	1.311	3.4	0.386
6	1.179	3.25	0.363
7	1.118	3.037	0.368

11.4.1. Eficiencia térmica efectiva: $n_{te} = \frac{3600 \cdot W_e}{G_c \cdot PCI}$

Punto	W_e (KW)	G_c (Kg/h)	PCI _{GLP} (KJ/Kg)	n_{te}
1	3.361	1.741	46055	0.151
2	3.245	1.585		0.16
3	3.364	1.565		0.168
4	3.494	1.406		0.194
5	3.4	1.311		0.203
6	3.25	1.179		0.215
7	3.037	1.118		0.212

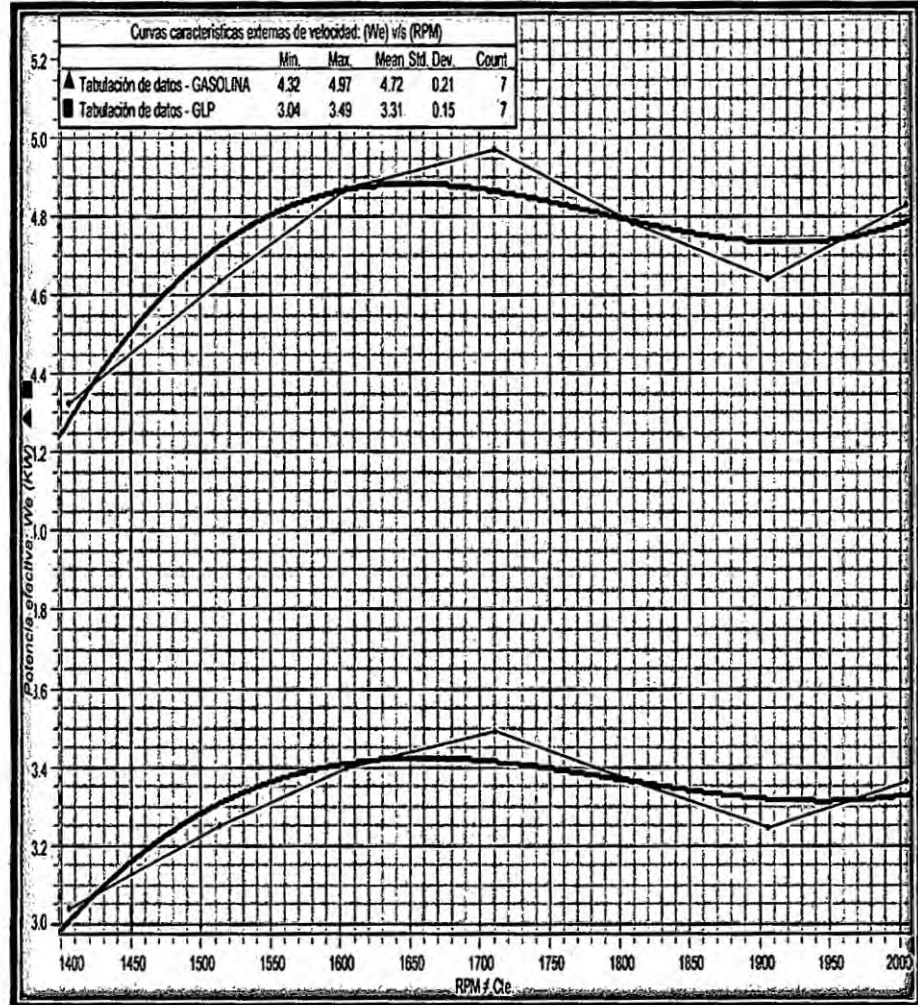
11.7. Gráficas: Curvas características externas de velocidad (RPM ≠ Cte.)

11.7.1. GRÁFICO N° XI.7.1: MOMENTO EFECTIVO



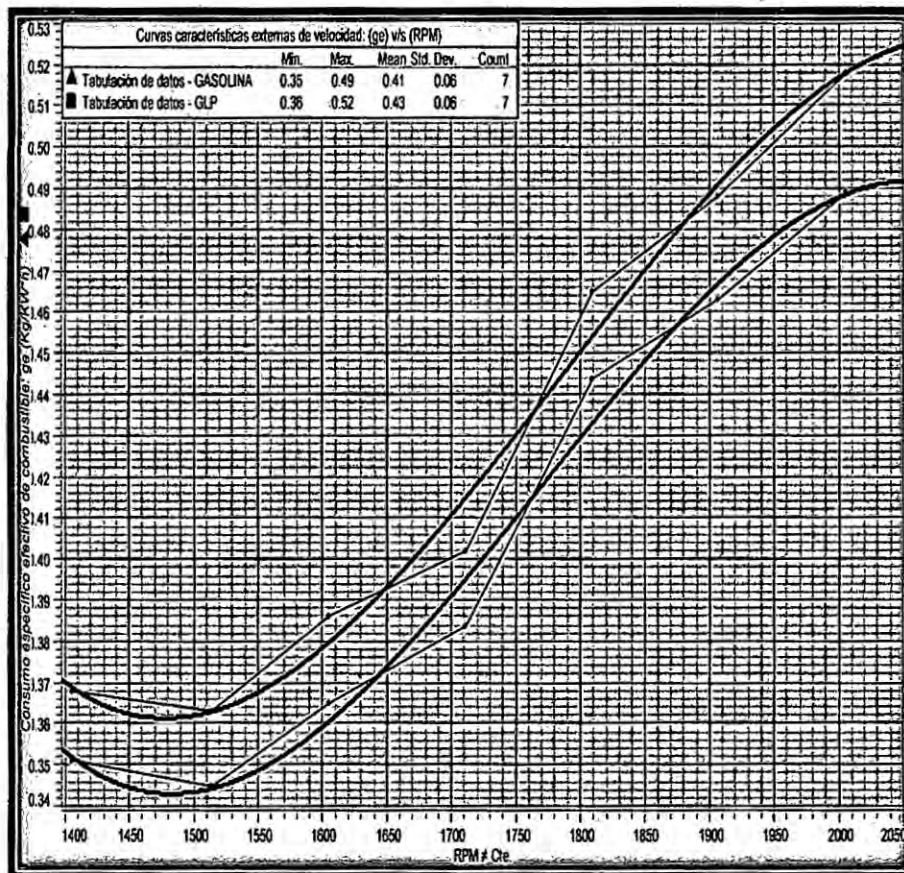
► **Discusión y análisis crítico:** La gráfica nos muestra que en gasolina se midió un máximo par torsor del motor de 29.375N*m mientras que en GLP 20.625 N*m, ambos a 1406 RPM; por lo tanto notamos que hay una diferencia de 8.75 N*m, lo cual nos representa un 30% de diferencia.

11.7.2. GRÁFICO N° XI.7.2: POTENCIA EFECTIVA



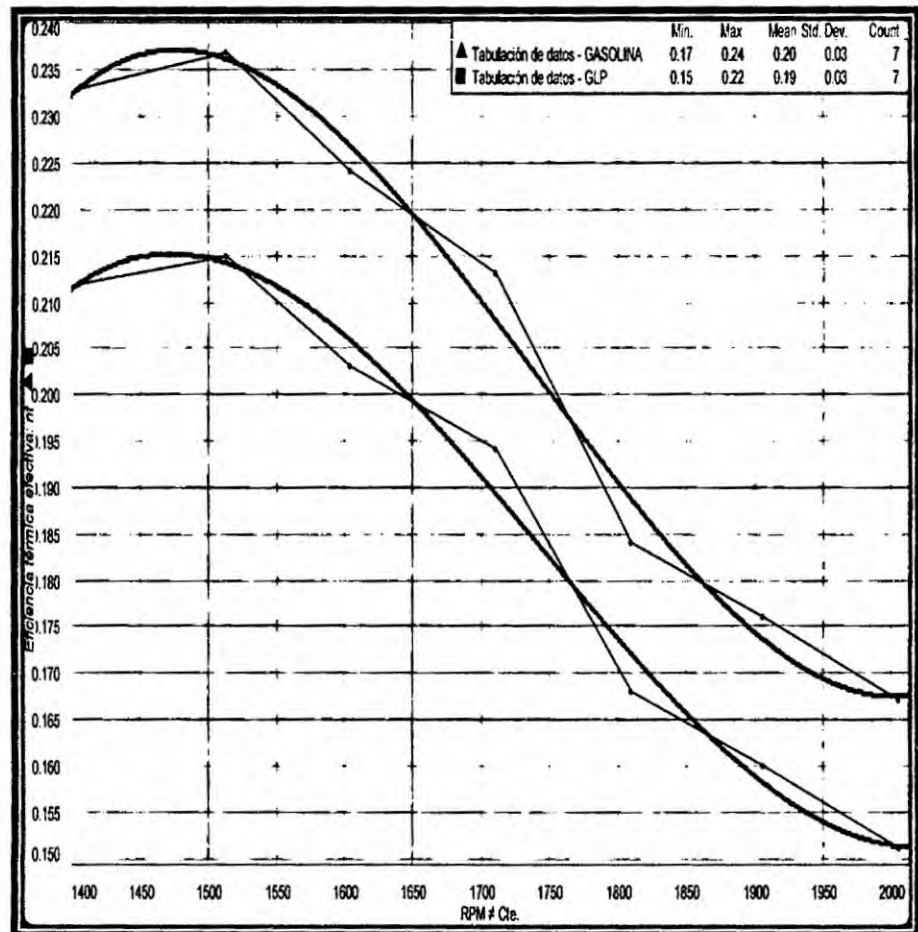
► **Discusión y análisis crítico:** En la gráfica se aprecia que al compararse la potencia del motor utilizando dos tipos de combustibles tiene diferencias significativas, en gasolina tiene una potencia máxima de 4.972KW mientras que en GLP desarrolla 3.494KW, ambos a 1711RPM; por lo tanto observamos que hay una diferencia de 1.478 KW, lo cual nos representa un 30% de diferencia.

11.7.3. GRÁFICO N° XI.7.3: CONSUMO ESPECÍFICO EFECTIVO DE COMBUSTIBLE



► **Discusión y análisis crítico:** En la gráfica se observa que el consumo máximo del GLP ha sido de $0.518 \text{ Kg}/\text{KW}\cdot\text{h}$ mientras que de la gasolina ha sido $0.489 \text{ Kg}/\text{KW}\cdot\text{h}$, ambos a 2006 RPM, puede parecer un consumo relativamente alto pero hay que tener en cuenta la potencia desarrollada por cada uno de los combustibles; sin embargo hay que resaltar que mientras menor sea consumo más eficiente será el motor. Se puede distinguir que el motor ha pasado a consumir un 5% más de GLP que de gasolina; esto, por su mayor poder calorífico frente a la gasolina.

11.7.4. GRÁFICO N° XL7.4: EFICIENCIA TÉRMICA EFECTIVA



► **Discusión y análisis crítico:** En la gráfica se puede distinguir claramente que el motor es más eficiente a gasolina que a GLP, ello debido a su elevada potencia efectiva y su menor consumo específico efectivo de combustible, frente al del GLP.

ANEXO N° XII

PLANOS