

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA DIDÁTICO: UMA FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM NA ESCOLA DE ENGENHARIA

Jessica Larissa Alves Santos – e-mail: jessicalarissaalvessantos@gmail.com
Anne Gabrielle Mendes Xavier – e-mail: annycastro22@hotmail.com
Manoel Edmar Guerreiro Marinho – e-mail: edmarinho84@gmail.com
Raimundo Nonato Alves da Silva – e-mail: raimundo.silva@uninorte.com.br

Centro Universitário do Norte, Escola de Ciências Exatas e Tecnologia, Deptº. Enga. Mecânica
Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus - AM, 69010-060 – Manaus – Amazonas

Resumo: Este trabalho apresenta uma ferramenta opcional, como uma alternativa didática (bancada com motor didático), para o corpo discente e docente, na busca pela melhoria do ensino-aprendizagem de disciplinas que utilizem laboratórios no ensino de motores de combustão interna, o que é necessário para a formação de futuros engenheiros mecânicos ou mesmo aprendizes de mecânica. O objetivo foi incentivar a utilização de equipamentos destinados a promoção do conhecimento através de técnicas não convencionais no âmbito do ensino superior, além de promover uma interação maior entre a teoria e a prática em laboratório buscando aproximar o entendimento das teorias observadas em sala de aula a um ambiente mais real possível para o aluno. O modelo é didaticamente utilizável nas aulas de laboratório de motores, resultando assim uma evolução de maneira estruturada e com uso das metodologias ativas. É sem dúvida um desafio para a prática do ensino atual e moderno, possibilitando a formação continuada sem perder a essência do ensino deixando-o ainda mais atrativo / motivador e menos tradicional ou seja, o uso de novas metodologias que motivem ao acadêmico as novas experiências que irão agregar mais conhecimentos. Conclui-se que, as duas atividades estão em justa posição ou mesmo entrelaçadas na educação, fazendo a transmissão de conhecimento e transformação da realidade, a primeira tem “natureza conservadora e a segunda revolucionária”. Desta forma, a teoria de aprendizagem que mais se adequa na atual realidade da formação dos engenheiros.

Palavras-chave: Motor de Combustão Interna, Motor Didático, Ensino-Aprendizagem.

1. INTRODUÇÃO

Muitos são os estudos na melhoria da eficiência dos motores de combustão interna - MCI. Barros, (2003) aponta que desde o século dezanove os motores de combustão interna tiveram seu desenvolvimento ligado a modelos termodinâmicos que descrevem o seu funcionamento e que estes modelos foram, bastante, importantes na construção do primeiro MCI. Porém, até a década de 60 do século vinte, o empirismo dominou o desenvolvimento tecnológico destes motores. Afirmar Brunetti, (2012) que os Motores de combustão interna – MCI são os que o fluido ativo participa diretamente da combustão. Além disso, estes motores transformam energia cinética em energia mecânica.

Este trabalho irá tratar do estudo das práticas de manutenção em motores de combustão interna visando construir um motor que possibilite o seu uso no ensino-aprendizagem na escola de Engenharia. A análise orienta desmontagem e montagem das partes e peças do MCI, teve uma abordagem, escolhida para elaborada, tornando o modelo didaticamente utilizável nas aulas de laboratório de motores, permitindo assim a evolução de maneira estruturada e com uso das metodologias ativas. A orientação nas aulas práticas é buscar aproximar o entendimento das teorias observadas em sala de aula a um ambiente mais real possível, tornando-a mais aprazível e motivadora. Sustenta Morin, (2003) p. 21 que, A primeira finalidade do ensino foi formulada por Montaigne: mais vale uma cabeça bem-feita que bem cheia. O significado de “uma cabeça bem cheia” é óbvio: é uma cabeça onde o saber é acumulado, empilhado, e não dispõe de um princípio de seleção e organização que lhe dê sentido. “Uma cabeça bem-feita” significa que, em vez de acumular o saber, é mais importante dispor ao mesmo tempo de:

- uma aptidão geral para colocar e tratar os problemas;
- princípios organizadores que permitam ligar os saberes e lhes dar sentido.

Portanto, busca-se aqui apresentar princípios norteadores aos acadêmicos de engenharia mecânica do UNINORTE que cursam a disciplina de “Motores de Combustão Interna” a aplicarem seus conhecimentos teóricos a observarem os fenômenos através dos experimentos em laboratório, culminando em uma perfeita junção do ensino-aprendizagem.

O objetivo foi transformar um MCI usado em linha marca AvtoVAZ, modelo Lada Niva, em um MCI linha didático com cortes e meio cortes, apresentando todas as etapas de funcionamento e possibilidades de visualização destas pelo alunado desde as Diferenças fundamentais entre os motores ciclos Otto até os cálculos de potência, taxa de compressão dentre outros, possíveis.

Uma revisão da literatura é apresentada cobrindo preferencialmente o desenvolvimento dos últimos anos das diversas tentativas de relacionar as aulas teóricas versus as práticas em laboratório nas universidades, deixando o ensino atrativo e menos tradicional. A lógica organizadora de qualquer sistema de idéias e resistir à informação que não lhe convém ou que não pode assimilar, entretanto as teorias irão sempre resistir às agressões das teorias inimigas ou dos argumentos contrários a estas Morin, (2003). Então, em outras palavras, a tentativa de mudar a forma das aulas (tradicionais) ou mesmo possibilitar ao acadêmico realizar um projeto, onde ele é o líder e ao mesmo tempo colaborador além, de propor uma mudança na atitude do mesmo e colocá-lo na sua condição futura possibilitando uma formação continuada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho tem relevância teórica e prática do ensino de motores, com o uso de um motor didático nas aulas de MCI no laboratório de Termodinâmica, que tem por objetivo apresentar ao alunado uma proposta de aprender fazendo. Inicialmente o motor apresentava-se em uma situação de uso avançado, ou seja, com partes e peças emperradas por ausência de lubrificação e algumas corrosões. Para dar início as atividades o mesmo foi submetido a um processo de jateamento com água para retirar todas as impurezas superficiais. Em seguida, ocorreu a desmontagem, onde tomou-se o cuidado de trilhar rigorosamente as sequências lógicas de desmontagem de máquinas e equipamentos mecânicos. Em relação as partes internas do motor, o mesmo passou por descarbonização, lubrificação e mais tarde a substituição de algumas peças devido estarem muito gastas. Finalizado este processo havia necessidade de transformar este motor em um conjunto didático, ou seja, foram realizados alguns cortes e semi-cortes em pontos estratégicos (lateral do bloco, tampa do comando de válvulas e tampa da corrente de ligação comando versus virabrequim), facilitando assim a visualização do processo interno de funcionamento do MCI. A desmontagem e montagem de partes e peças foram realizadas pelos alunos, os quais tiveram a oportunidade de alinhar o conhecimento teórico com a prática como aplicação de teorias de medições com instrumentos, projeto da bancada metálica e soldagem de estruturas para o acoplamento do motor. Conforme Figura 1, apresenta os custos dos materiais na confecção do conjunto montado MCI na bancada.

PRODUTO	IMAGEM	PREÇO	PRODUTO	IMAGEM	PREÇO
CARBURADOR		R\$ 51,00	MANGUEIRA DO RADIADOR		R\$ 15,00
CARTER (REPARO)		R\$ 28,00	MANIVELA		R\$ 15,75
CORREIA A34		R\$ 32,45	VENTOINHA DO RADIADOR		R\$ 22,00
FILTRO		R\$ 20,00	SERVICO DE MEIO CORTE		R\$ 85,00
JUNTA DO CABECOTE		R\$ 22,00	SPRAY		R\$ 12,70
JUNTA DO COLETOR DE ADMISSAO E ESCAPE		R\$ 15,00	METALON		R\$ 105,30
LIXAS		R\$ 8,00	TOTAL:		R\$ 432,20

Figura 1 – Custos dos materiais para a confecção do conjunto montado MCI na bancada

No aspecto de segurança do trabalho, os integrantes, usaram os EPIs necessários no processo para que não houvesse acidentes. Conforme Figura 2 apresenta o conjunto montado MCI / bancada.

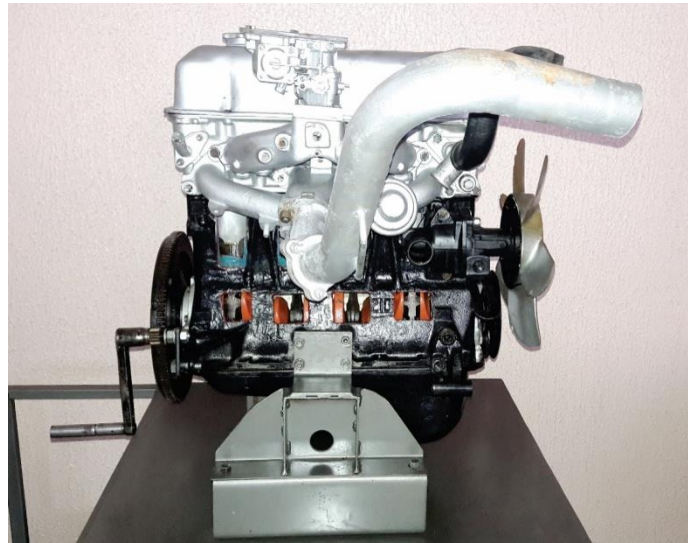


Figura2– Conjunto montado MCI / bancada.

Em suma, o motor foi finalizado com a apresentação pelos alunos da ferramenta didática na busca pela melhoria do ensino visando aproximar o entendimento das teorias observadas em sala de aula a um ambiente mais real possível.

3. Metodologia

Nas disciplinas do eixo central de formação em qualquer ramo do ensino, e principalmente quando a mesma submete o docente na busca do conhecimento das formas e de processos de aprendizagem que irão nortear o ensino-aprendizagem, impulsionando-o para um método pedagógico não convencional usado na educação do ensino superior, ou seja, uso de metodologias ativas que motivem ao alunado as novas experiências com maior agregação dos conhecimentos.

Logo, percebem-se duas atividades que estão em justa posição ou mesmo entrelaçadas na educação, transmissão de conhecimento e transformação da realidade, a primeira tem natureza conservadora e a segunda revolucionária. Desta forma, a teoria de aprendizagem que mais se adéqua na atual realidade da formação dos engenheiros é a Epistemologia Genética NETO; COSTA, (2015).

Todo o projeto foi realizado por um grupo de alunos da disciplina Motores de Combustão interna, sob a orientação do professor, no qual o experimento permitiu aos alunos visualizarem o que ocorre em um processo de montagem / funcionamento do MCI com mais detalhes e riqueza de informações, pois há um confronto entre as teorias de construção destes equipamentos, nomenclaturas das partes e peças, funcionamento, lubrificação, arrefecimento, taxas de compressão, volumes de ar-combustível, ciclos padrão-ar, mecanismos dentre outros.

Este trabalho busca uma solução de baixo custo para a dificuldade de encontrar laboratórios adequados em locais fora do ambiente das instituições de ensino, e/ou os altos custos dos recursos didáticos para equipar esses laboratórios, em especial, nos cursos de engenharia PRADO JÚNIOR; FRANCO, (2004). Na Figura 3, apresenta o processo metodológico com as etapas que foram seguidas na metodologia do trabalho usadas no projeto.

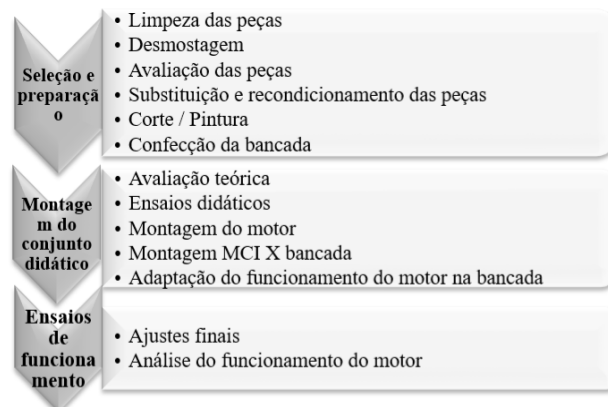


Figura 3- Metodologia do trabalho

4. Desmontagem, Montagem e Ajustes do MCI Didático

Em geral, um motor de combustão interna para ter um bom funcionamento nas condições especificadas pelo fabricante precisa receber cuidados periódicos do serviço de manutenção preventiva, para seu perfeito funcionamento em condições normais. A desmontagem completa de uma máquina deve ser evitada sempre que possível, contudo neste caso, trata-se de uma ferramenta didática de ensino, e neste caso foi necessária a desmontagem para auxiliar o entendimento e identificação das partes externas e internas do motor.

Para iniciar a desmontagem, foi realizada a sequência de procedimentos:

- limpar a máquina
- remover as peças internas
- drenar os fluidos
- remover mangueiras e tubulações
- calçar os componentes pesados

Essa sequência de procedimentos fundamenta-se nas razões das técnicas de desmontagem e montagem de partes. Também é importante obedecer à orientação de apertos dos elementos de fixação, para que sejam adequados ao esforço a que eles possam ser submetidos. Um aperto além do limite pode causar deformação ou desalinhamento no conjunto de peças PENIDO FILHO, (1983).

4.2.1 Montagens do MCI

Qualquer montagem tem por objetivo maior a construção de um todo, constituído por uma série de elementos que são fabricados separadamente. Esses elementos devem ser colocados em uma sequência correta, isto é, montados segundo normas pré-estabelecidas (NBR-13032/1995).

A montagem exige a aplicação de uma série de técnicas e cuidados. Além disso, deverá seguir, caso existam, as especificações dos fabricantes, outro cuidado deve ter quando se trata da montagem, é controlar a qualidade das peças a serem utilizadas, sejam elas, novas ou reconcondicionadas.

A desmontagem deste motor ocorreu de acordo com as normas e procedimentos pré-estabelecidos anteriormente, começando pela lavagem do motor, a retirada das partes externas (mangueiras do sistema de arrefecimento, tampa do comando de válvulas e as proteções), assim dando sequência para as partes internas do motor verificando cada peça de acordo como sua especificação, analisando as peças com desgaste para a substituição das mesmas.

Para a motorização mecânica foram feitos ajustes nas molas das válvulas de admissão e escape para facilitar o acionamento, além de cortes e meio cortes no bloco, tampa do comando de válvula e tampa de proteção da corrente de transmissão. Na montagem final do motor foi feita a lubrificação distribuindo o óleo pelas partes móveis para evitar o atrito entre as peças.

4.3 As Especificações Técnicas Versus Encontrados Em Laboratório

Foram realizadas comparações entre as especificações técnicas e os valores estudados nas aulas de laboratório como mostra a tab. 1. As medições foram realizadas em temperatura de 25°C. O instrumento de medição utilizado foi o paquímetro de 150 mm. Em seguida foram calculados a cilindrada, taxa de compressão e volume da câmara de combustão, em todos os cálculos usou-se a literatura técnica. De acordo com a Figura 4, temos uma melhor noção sobre as posições de PMI e PMS e o curso do pistão na câmara de combustão, já na Tab.1, podemos observar os dados especificados comparados aos dados encontrados.

Tabela 1 – Especificações técnicas versus encontradas

	Especificações Técnicas	Valores encontrados
Cilindrada	1570 cm ³	1560 cm ³
Diâmetro do cilindro	79 mm	78,8 mm
Curso do pistão	80 mm	80 mm
Taxa de compressão	8,5: 1	8,3: 1

Fonte: Autor, 2016

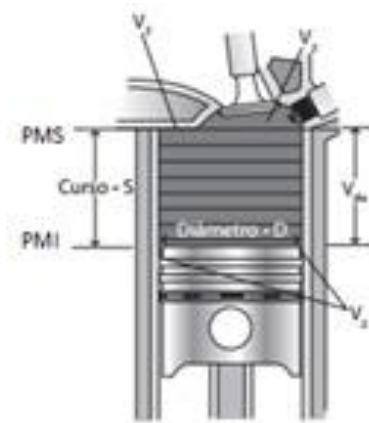


Figura 4- Posição e curso do pistão na câmara de combustão
Fonte: Brunetti, 2012

4.3.1. Cilindrada Total e Cilindrada Unitária

Cilindrada unitária é uma unidade em volume podendo ser medida em cm^3 ou L. Esse volume total é a relação entre o deslocamento do êmbolo do PMI até o PMS completando um ciclo. PENIDO FILHO, (1983); MARTINELLI JR, (2010).

$$V_{du} = V_1 - V_2 = \frac{\pi * D^2}{4} * S \quad \text{Eq.(1).}$$

V_{du} = Cilindrada unitário

V_1 = Volume total

V_2 = Volume morto

$$V_{du} = \frac{\pi * 7,88^2}{4} * 8,0 = 390,15 \text{ cm}^3$$

Cilindrada total é a relação entre a cilindrada unitária multiplicada pela quantidade de cilindros existentes no motor, assim possibilitando o movimento do mesmo. MARTINELLI JR, (2010).

$$V_d = V_{du} * z = \frac{\pi * D^2}{4} * S * z \quad \text{Eq.(2).}$$

V_d = Cilindrada total

D = Diâmetro do cilindro

S = Curso do pistão

z = Número de cilindros

$$V_d = \frac{\pi * 7,88^2}{4} * 8,0 * 4 = 1560 \text{ cm}^3$$

4.3.2. Volume Total

Volume total compreende na soma entre cilindrada unitária e volume morto. O volume morto encontrado foi de $0,047 \text{ cm}^3$

$$V_1 = V_{du} + V_2 \quad \text{Eq.(3).}$$

$$V_1 = 390,15 + 0,047 = 390,197 \text{ cm}^3$$

4.3.3 Taxa de Compressão

Taxa de compressão é a relação entre o volume total e o volume morto. Esta relação indica a quantidade de vezes em que a mistura será comprimida dentro do cilindro. Vale ressaltar que a taxa de compressão não é um fato dependente

do combustível e sim uma propriedade mecânica do motor, ou seja, a taxa de compressão não é alterada apenas modificando o combustível, para tal modificação terá de ser alterado o bloco ou fazer um rebaixo no pistão. BRUNETTI, (2012); PENIDO FILHO, (1983); MARTINELLI JR, (2010)

$$Tc = \frac{V1}{V2} \quad \text{Eq.(4).}$$

$$Tc = \frac{390,197}{0,047} = 8,3 \text{ ou seja: } 8,3:1$$

Sabendo-se o valor da taxa de compressão (8,3: 1), verificou-se a necessidade de confirmar o valor da taxa encontrada em relação às especificações técnicas. O cálculo da altura deixado no cilindro para abertura das válvulas foi essencial para esta resolutividade.

$$V2 = \frac{\pi * D^2}{4} * h \rightarrow h = \frac{4 * V2}{\pi * D^2} \quad \text{Eq.(5).}$$

h = Altura do cilindro

$$h = \frac{4 * 52,02}{\pi * 7,88^2} = 1,0 \text{ cm ou } 10 \text{ mm}$$

Em razão das medições feitas no laboratório concluiu-se que apenas os pistões sofreram desgastes (ovalizado), porém não influenciou na taxa de compressão. Brunetti 2012 considera que o relacionamento entre curso do pistão (s) e diâmetro de cilindro (D) de um motor é uma função da rotação do mesmo. Quando a unidade do curso for maior que o diâmetro ($D < s$) estes motores terão torque e potências com baixa rotação. Neste caso, eles são chamados de motores retangulares ou motor subquadrado. Este motor é didático e movido por manivela, por esse motivo o cálculo de potência não foi realizado

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dois aspectos significativos foram apresentados: primeiro o motivacional onde os alunos aprendem ou fixam os conceitos e teorias oriundas das salas de aula tradicionais, além de terem experiências no uso de outras disciplinas correlatas da grade curricular e em segundo, não menos importante, o uso de metodologias não convencionais para atingir os objetivos da disciplina.

A frequência dos alunos alcançou a faixa máxima nas aulas de laboratório, tornando o aprendizado compatível com o esperado, além do uso de ferramentas teóricas e práticas na construção do conjunto MCI/Bancada metálica (desenho técnico, desenho mecânico, medições metrológicas, prática de desmontagem/montagem de conjuntos mecânicos e soldagem com MIG/MAG).

A criação da banca metálica foi um ponto crucial para que o projeto se tornasse completamente didático e prático, proporcionando aos alunos uma melhor visualização e entendimento do funcionamento interno do ciclo do motor. Foram utilizadas práticas de soldagem também aprendidas em disciplinas anteriores, nessa etapa foi importante toda a inspeção dos pontos de fixações nas bases da bancada de forma a corrigir ou minimizar folgas e desalinhamentos.

Os resultados em relação ao MCI didático apresentaram-se satisfatórios, pois atingiu os objetivos que foi transformar um motor de combustão interna usado em um MCI didático com cortes e meio cortes, com possibilidades de visualização pelos acadêmicos das partes e peças em funcionamento e a realização dos cálculos de potência, taxa de compressão dentre outras.

Com o acoplamento do MCI em uma bancada metálica o modelo didático servirá para realização de aulas futuras em laboratório, permitindo assim aos futuros alunos práticas vivenciais mais próximas da realidade dos mesmos.

Além disso, uniu-se o ensino-aprendizagem com várias disciplinas do curso neste projeto. Então, é mister frisar que o motivador deste projeto, foi envolver os alunos em práticas de laboratório, aplicando recursos e metodologias ativas no ensino-aprendizagem nas Escolas de Tecnologia e Engenharia.

6. AGRADECIMENTOS

Diante do exposto, podemos concluir que o desenvolvimento das práticas de manutenção de motores dentro de uma proposta de ensino-aprendizagem na escola de engenharia, mais precisamente no laboratório, contribuiu significativamente no aprendizado dos estudantes de engenharia mecânica, uma vez que foi observada uma grande evolução dos alunos na disciplina de Motores de Combustão Interna.

7. REFERÊNCIAS

- Barros, José Eduardo Mautone. Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica. “Estudo de Motores de Combustão Interna Aplicando Análise Orientada a Objetos”, 2003. 155p. il. Monografia.
- Brunetti, Franco “Motores de Combustão Interna”: volume 1. – São Paulo: Blucher, 2012.
- Martinelli Júnior, L. C. “Motores de combustão interna conceitos básicos”. Disponível em: <https://kaiohdutra.files.wordpress.com/2010/10/motores-de-combustao-interna3.pdf>. Acesso em 02.fev.2016
- Morin, Edgar. “A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento” / Edgar Morin; tradução Eloá Jacobina. - 8a ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 128p. Tradução de: La tête bien faite.
- Neto, J. M. M.; Costa, A. A. R. “Ensino de química para futuros engenheiros”. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC’ 2015. Apresentado entre 15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil.
- NBR Associação Brasileira de normas Técnicas, NBR 13032/1995, Execução de retífica em motores.
- Penido filho, Paulo. “Os motores a combustão interna” – Belo Horizonte: Lemi, 1983.
- Prado Júnior, A. do; Franco, R. P. “Automatic System Control via Internet and Applied to the Distance Teaching”, VI Induscon 2004 - Conferência Internacional de Aplicações Industriais. Anais. Joinville (SC), 2004.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INTERNAL COMBUSTION ENGINE DIDACTIC: A TEACHING-LEARNING TOOL ENGINEERING SCHOOL

Jessica Larissa Alves Santos – e-mail: jessicalarissaalvessantos@gmail.com

Anne Gabrielle Mendes Xavier – e-mail: annycastro22@hotmail.com

Manoel Edmar Guerreiro Marinho – e-mail: edmarinho84@gmail.com

Raimundo Nonato Alves da Silva – e-mail: raimundo.silva@uninorte.com.br

Centro Universitário do Norte, Escola de Ciências Exatas e Tecnologia, Deptº. Enga. Mecânica
Av. Leonardo Malcher, 715 - Centro, Manaus - AM, 69010-060 – Manaus – Amazonas

Abstract. *This paper presents an optional tool as an educational alternative (engine test bench didactic) to the learners and faculty, aiming at constant improvement of the teaching-learning process of courses that use laboratories of internal combustion engines, which is necessary for the formation of future mechanical engineers or mechanical apprentices. The objective was to encourage the use of equipment aimed for the promotion of mutual awareness through unconventional techniques in the field of higher education, in addition to promoting greater interaction between the theory and the practice in the laboratory bringing together closer understanding of the theories observed in the classroom to a more realistic environment as possible to the students. This model is didactically efficient used in engine laboratory classes, which leads to an evolution of structured manner and the use of active methods. It's without a doubt a challenge to the current and modern teaching, enabling the continued training without losing the essence of education making it even more attractive / motivating and less traditional that is the use of new methodologies that inspire the scholar to the new experiences that will gather more knowledge. One may conclude that, it's seen two activities that are in reasonably position or even closely intertwined in the education, transferring of knowledge and transferring of reality, the first has "conservative nature and the second revolutionary one." Therefore, the learning theory that best fits in the educational background of the engineers in the real moment.*

Keywords: *Internal Combustion Engine, Didactic Engine, Teaching-Learning.*