



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ingeniería Automotriz



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“ANALOGY OF NON-DESTRUCTIVE TESTS FOR THE DETECTION OF DEFECTOLOGIES IN
ALUMINIUM CYLINDER HEADS”**

AUTORES:

STEPHEN SANTIAGO VALENCIA BALAREZO
LILY CAMILA GALÁRRAGA MAILA

ING. HÉCTOR TERÁN HERRERA
TUTOR

ING. OSCAR ARTEAGA LOPEZ
CO-TUTOR



4th ICMEA

THE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON
MATERIAL ENGINEERING AND APPLICATION

AUGUST 23-25, 2019, KUALA LUMPUR, MALAYSIA

Key Engineering Materials

Q3

Materials Science
(miscellaneous)

best quartile

SJR 2018

0.18

powered by scimagojr.com

Key Engineering Materials

TTP TRANS TECH PUBLICATIONS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

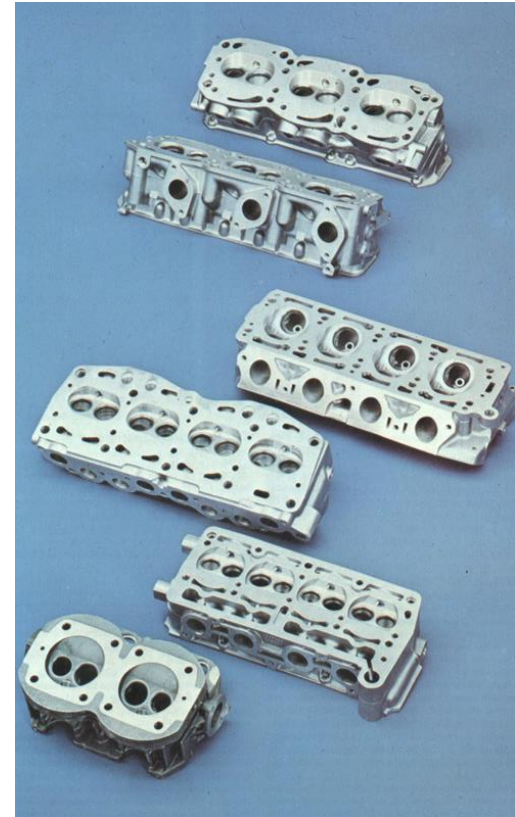
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

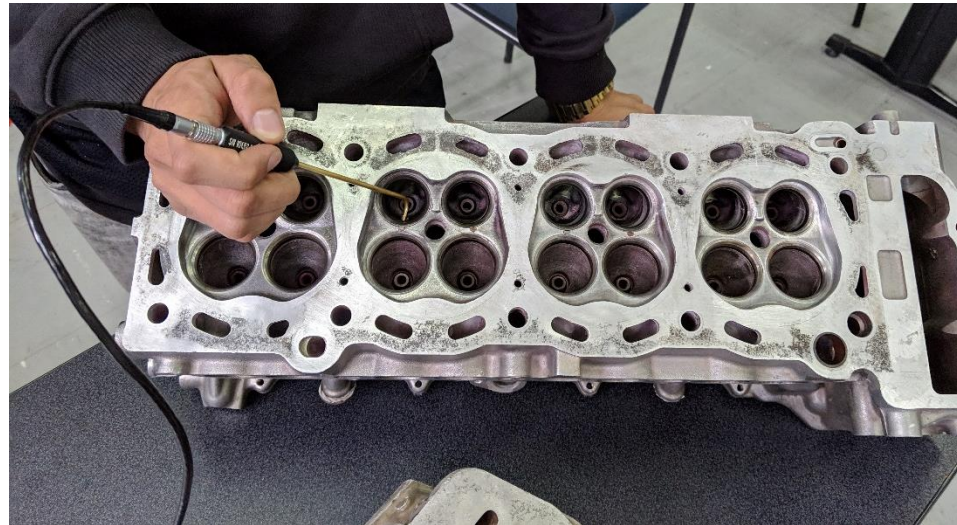
En el campo automotriz se utilizan métodos tradicionales como pruebas de presión y en menor alcance tintas penetrantes, para detectar fisuras o grietas en culatas, los ensayos no destructivos END no convencionales como ultrasonido, termografía infrarroja y corrientes de Eddy se aplican a metales para una evaluación instantánea y detallada; en la actualidad las corrientes de Eddy se utilizan en el campo industrial, para pruebas aeronáuticas, petroquímicas y nucleares; al ser métodos de inspección eficientes y de detección de defectologías, es importante introducir al parque automotor, para el diagnóstico y control de calidad de defectologías superficiales automotrices y en específico de este emitido en culatas



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Comparar ensayos no destructivos (END) y pruebas de corrientes de Eddy (ECT) en defectos superficiales y sub-superficiales de cabezotes de automóvil, para el diagnóstico predictivo y control de calidad.



OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar factores críticos superficiales y sub-superficiales ocasionados en el cabezote para el diagnóstico predictivo y control de calidad.
- Determinar técnicas de evaluación aplicables a la inspección de factores críticos en la superficie de un cabezote.
- Efectuar pruebas de diagnóstico e inspección en la superficie de un cabezote, aplicando ensayos no destructivos (END) convencionales.
- Explorar la aplicabilidad de las corrientes de Foucault para diagnóstico de factores críticos en cabezotes.
- Realizar el estudio paramétrico, modelamiento matemático y simulación de las corrientes de Foucault en un cabezote.
- Analogía de la efectividad, evaluación, diagnóstico y control de calidad en los diferentes ensayos no destructivos aplicados a factores superficiales y sub-superficiales en cabezotes de motor de combustión interna.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

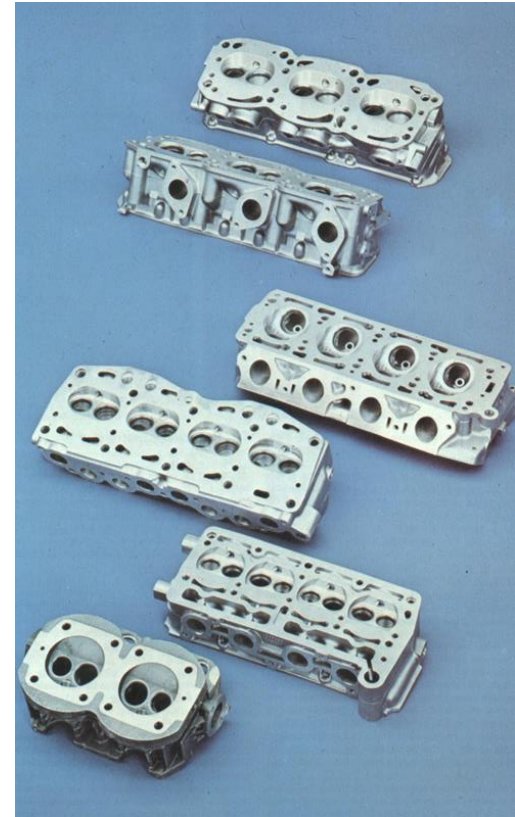
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

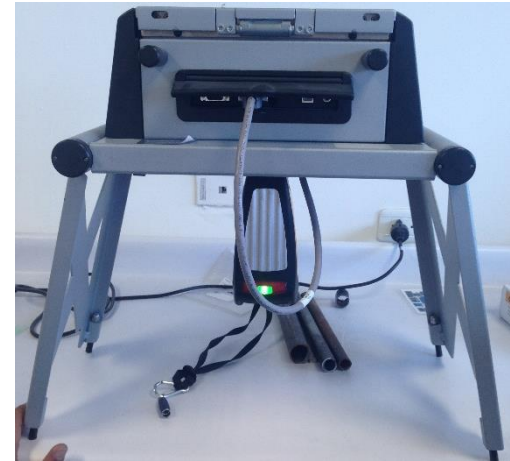
CONCLUSIONES



CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL



Aluminium cylinder head specimen 1x1x1 [cm]



Test bunker

| ASTM E1085-16 | Elements | | | | | | | | Specified Material |
|------------------|----------|------|------|------|-------|-------|-------|--------|---|
| | LE | Cu. | Fe. | Mn. | Zn. | Ni. | Pb. | Zr. | |
| % Content | 96,64 | 2,55 | 0,35 | 0,24 | 0,185 | 0,018 | 0,014 | 0,0041 | *2117 *2024 PLUS (May mix w 2017 2014 or high copper cast Als – 2 beam test will sort) |
| +/- Error | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,006 | 0,003 | 0,001 | 0,0004 | |



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

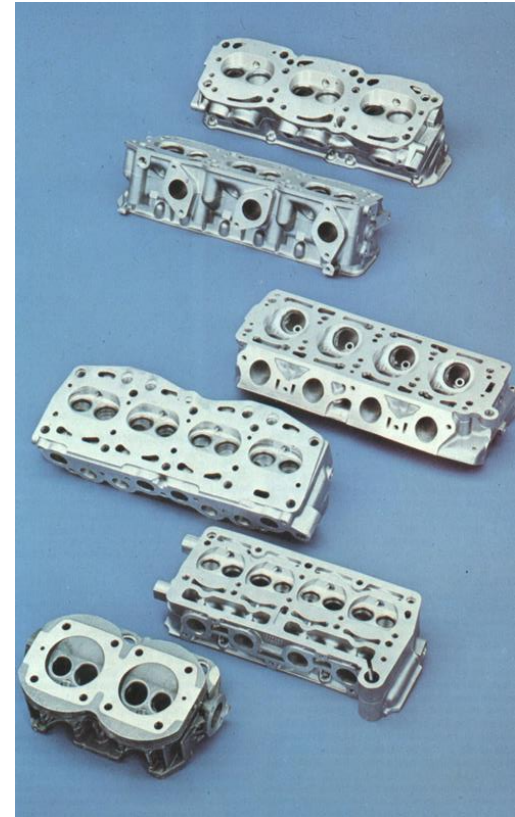
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



ENSAYOS Y PRUEBAS

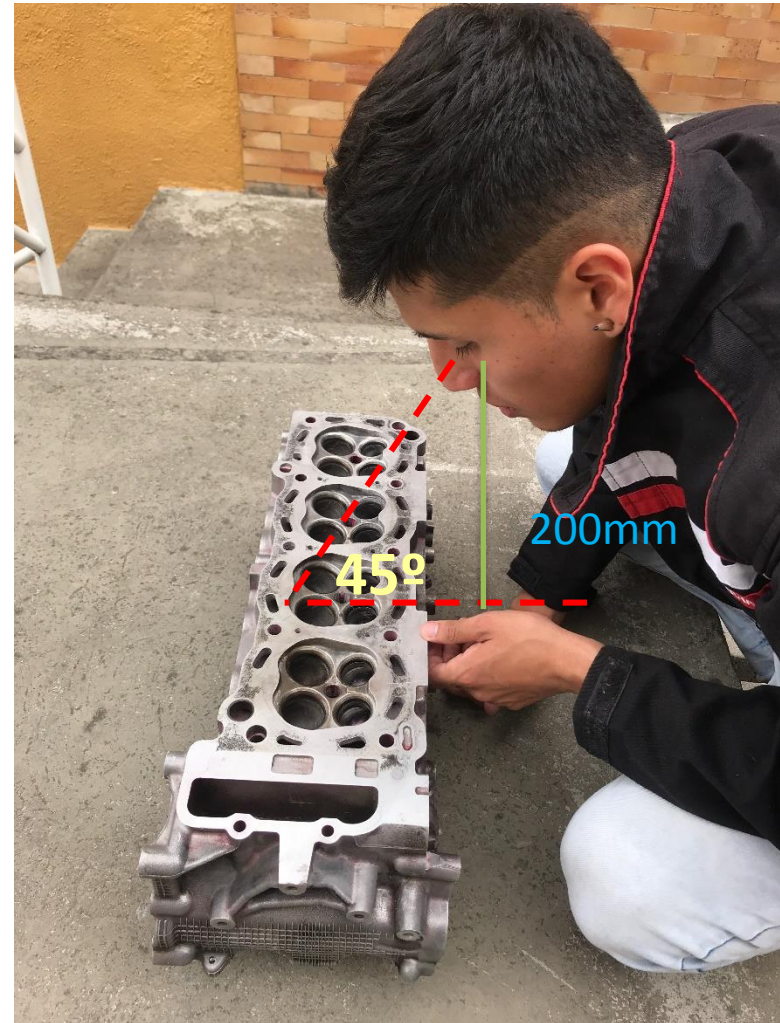
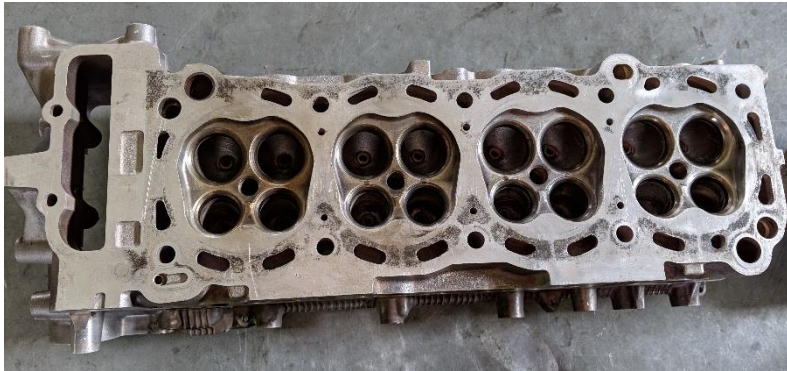
| Non-destructive testing | Standards | Equipment and materials |
|--------------------------------------|---|--------------------------------|
| Visual inspection VT | EN 13018 ASME BPVC.V | Human eye |
| Penetrating inks PT | ASTM E165-02 ASTM E1417 ISO 3452 ASME BPVC.V | Penetrant Kit |
| Infrared thermography IRT | ISO 18434 – 1 | FLUKE TiR32 |
| Ultrasound UT | EN 12668 EN 583 | Olympus EPOCH 1000i |
| Eddy Current Testing ECT | ISO 15548 ASME BPVC.V | Olympus Nortec 2000D+ |



ENSAYOS Y PRUEBAS

Inspección Visual

EN 13018



ENSAYOS Y PRUEBAS

Tintas Penetrantes

ASTM E 165-02

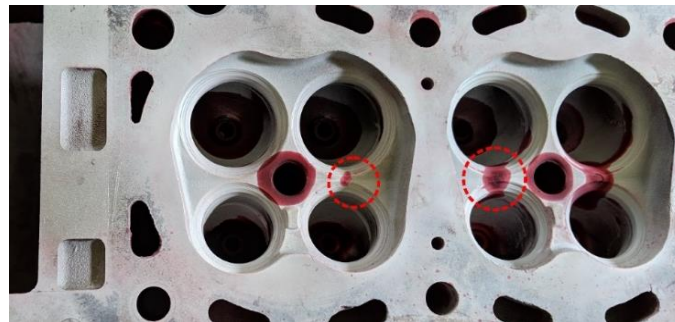
Cleaning



Penetrant Application



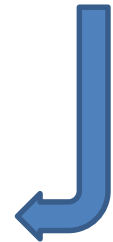
Excess penetrant removal



Examine

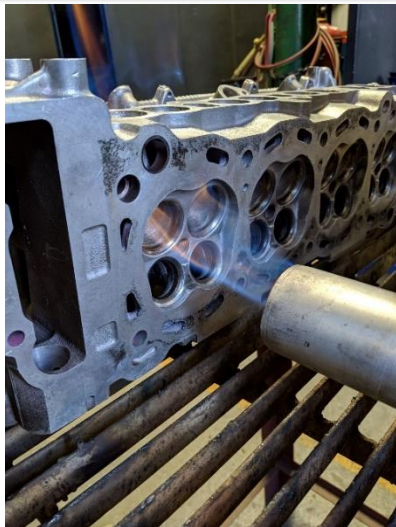


Application of developer



ENSAYOS Y PRUEBAS

Termografía Infrarroja



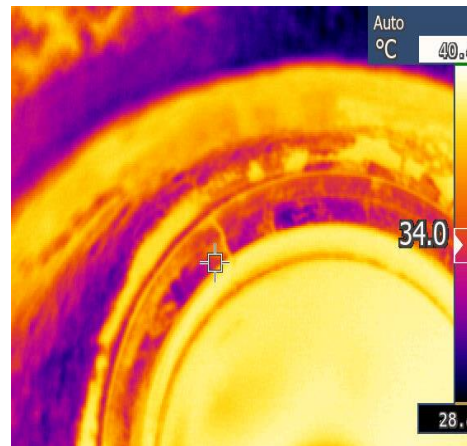
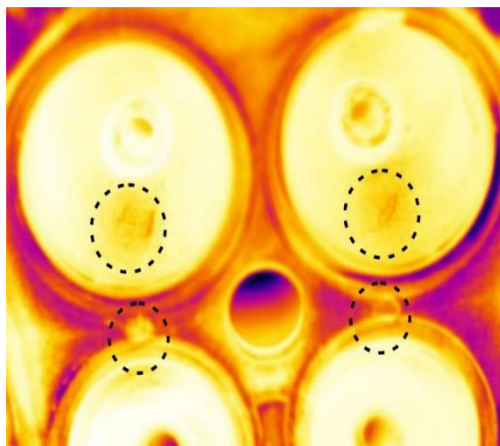
Step heating



Reaching 40 [°C]



Using infrared camera



Defectology found on combustion chamber



ENSAYOS Y PRUEBAS

Ultrasonido – Arreglo de Fases



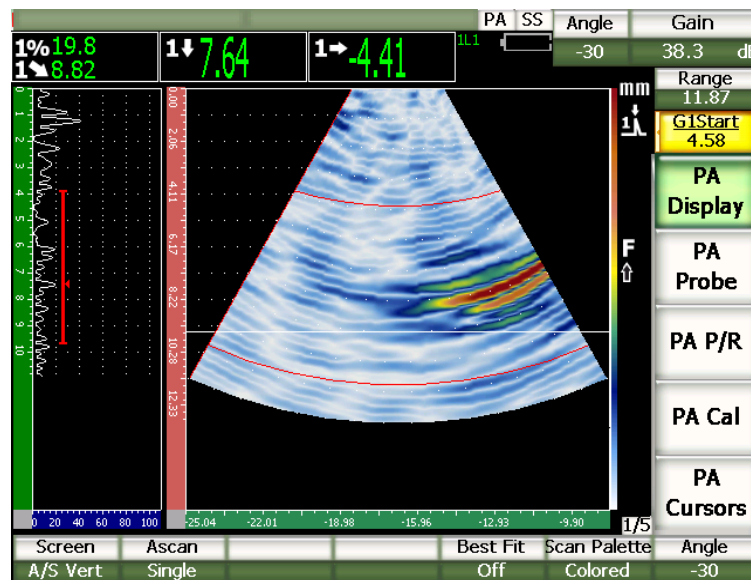
Olympus Epoch 1000i



Straight Beam Linear scans



6320 [m/s]



Analysis of the surface
of the cylinder head
applying Ultrasound Mode
Phased Array

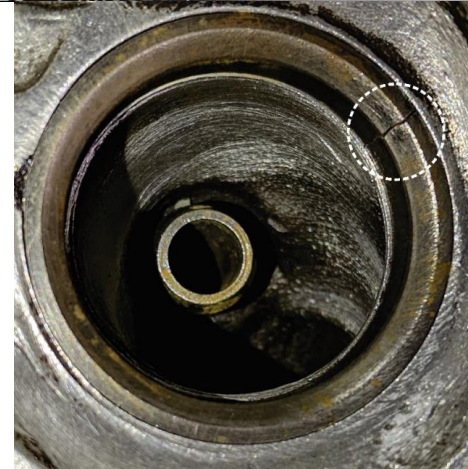
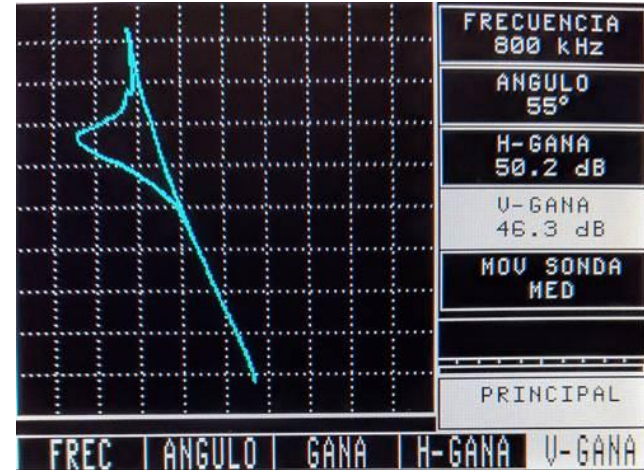


ENSAYOS Y PRUEBAS

Corrientes de Foucault



500 [KHz] – 1 [MHz]

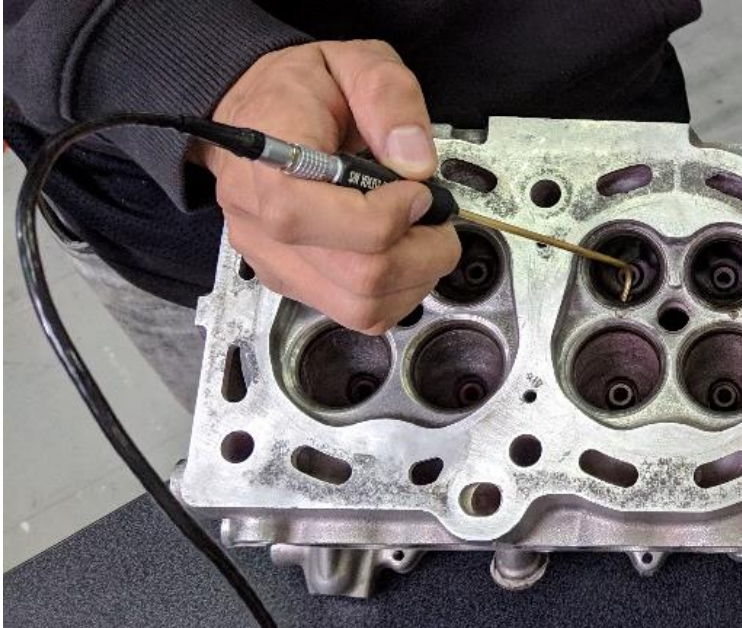


Eddy currents applied to defectology in valve seat.

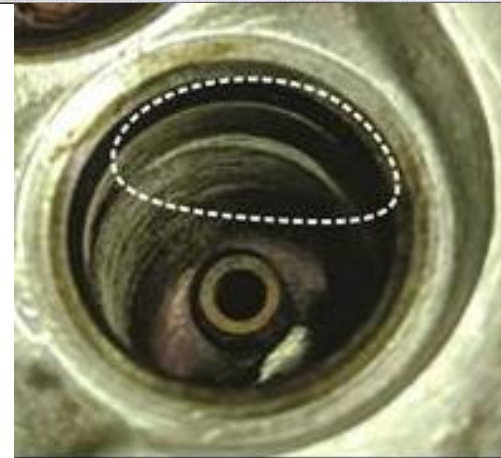
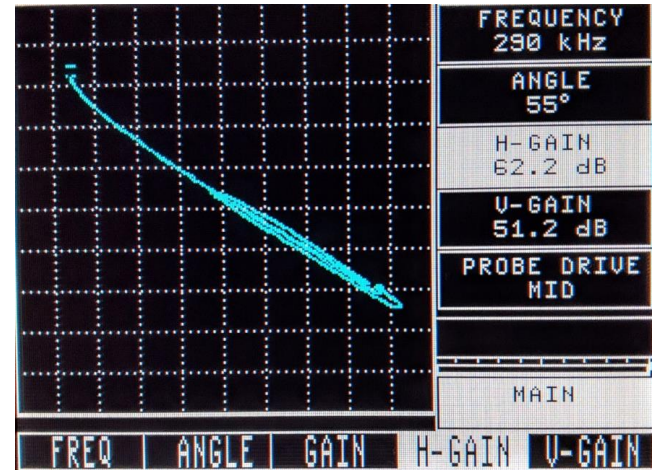


ENSAYOS Y PRUEBAS

Corrientes de Foucault



100 [kHz] – 500 [kHz]



Eddy currents applied in intake - exhaust ducts.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

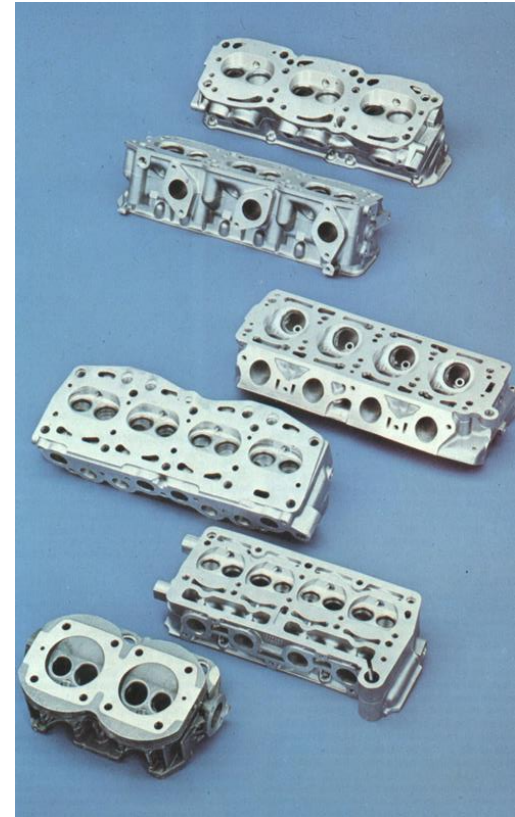
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



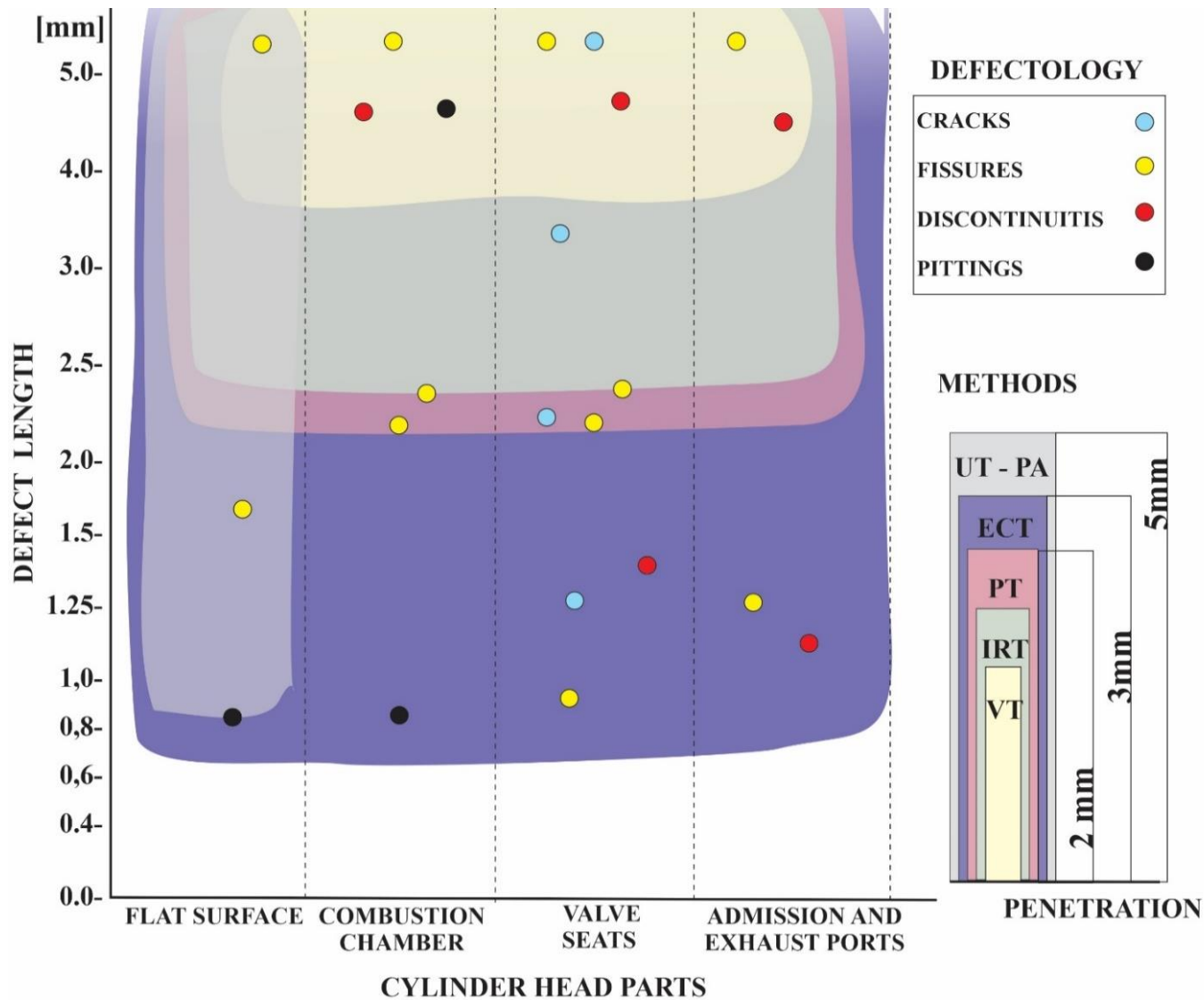
ANÁLISIS DE RESULTADOS

La figura, resume las longitudes de los tipos de imperfecciones localizados en las diferentes partes seccionadas de la culata, según la cobertura de cada método de inspección y alcance de penetración que presentan los ensayos no convencionales.

En las diferentes partes de la culata que secciona el estudio, se determina la ubicación de los cuatro tipos de defectologías y se compara la efectividad de los cinco métodos para el diagnóstico.

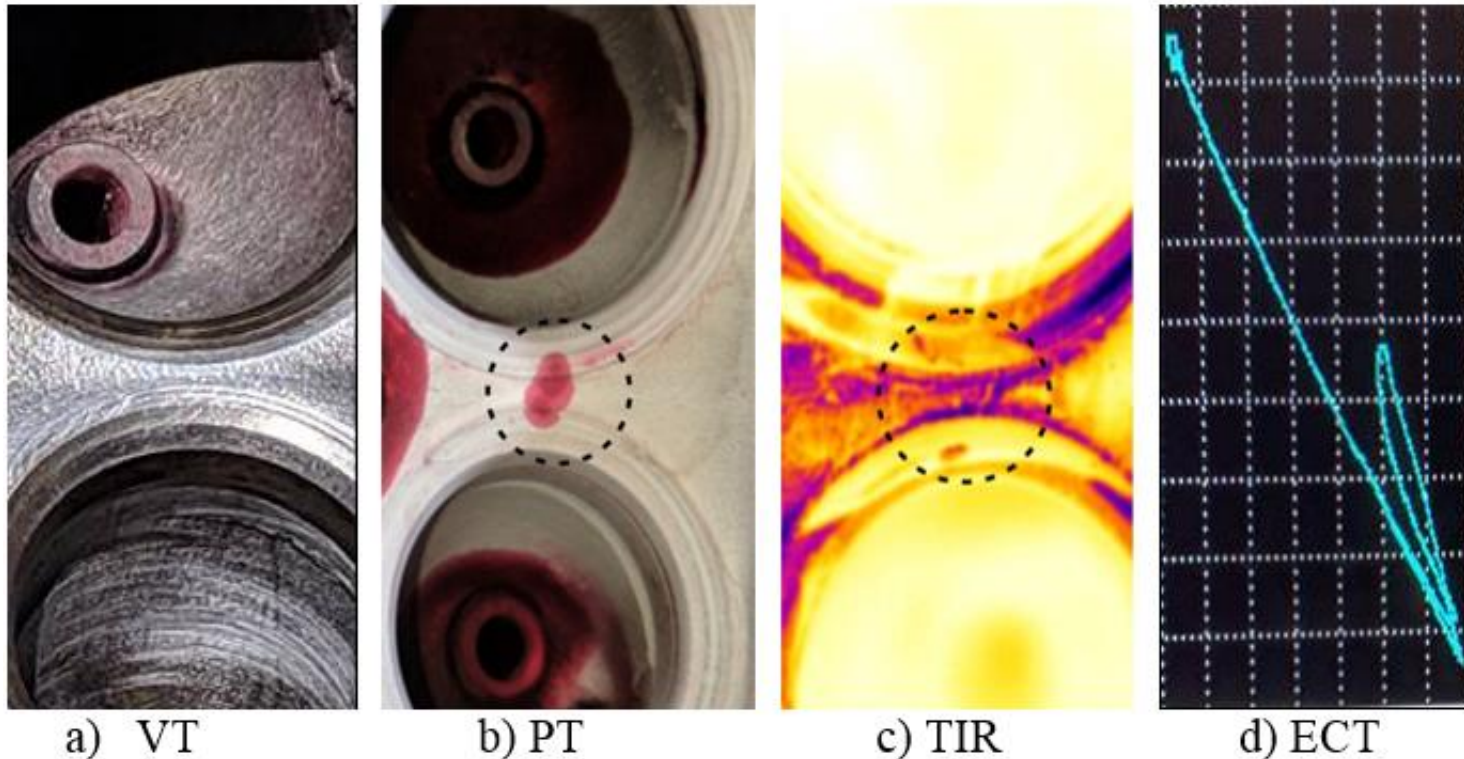


ANÁLISIS DE RESULTADOS



ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la validar los hallazgos se realiza la analogía de los diferentes ensayos no destructivos aplicados a la culata en un mismo defecto se muestran en la Fig.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

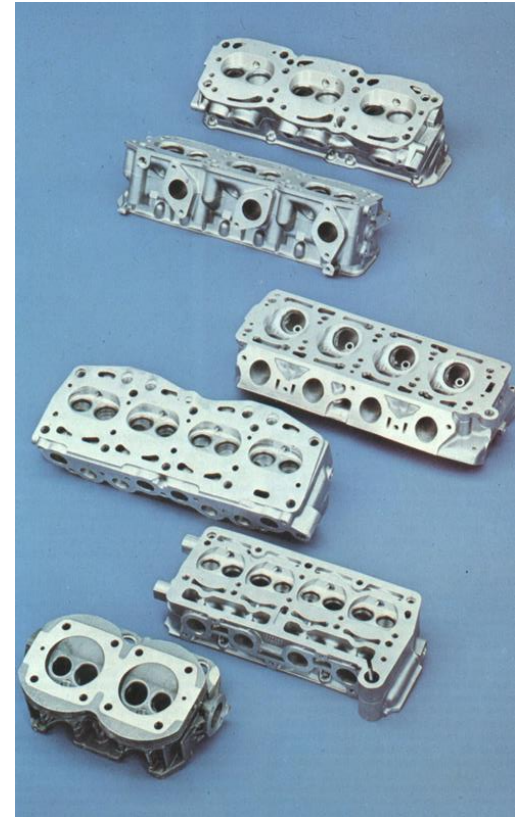
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



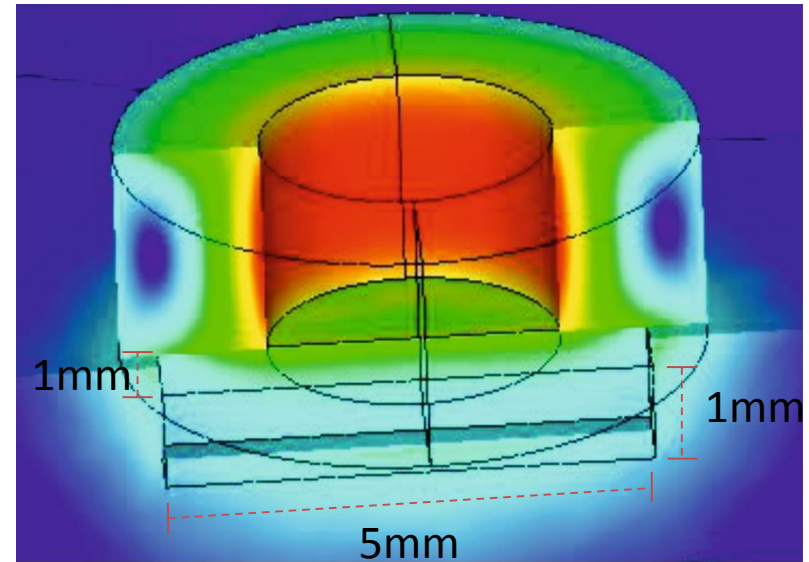
SIMULACIÓN

Previo a la simulación se calcula la profundidad de penetración Eq, a la culata de aluminio 2117 a ser analizada, con una conductividad eléctrica $\sigma = 3.526 \times 10^7 [S/m]$, permeabilidad magnética del espacio libre $\mu = \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [H/m]$, se aplica una frecuencia de excitación de 200 [kHz]; que determina la profundidad de penetración 0.19 [mm], siendo inversamente proporcional a la frecuencia, a mayor frecuencia menor profundidad de piel.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{(\pi f \mu_0 \sigma)}} \quad (\text{Eq})$$



SIMULACIÓN

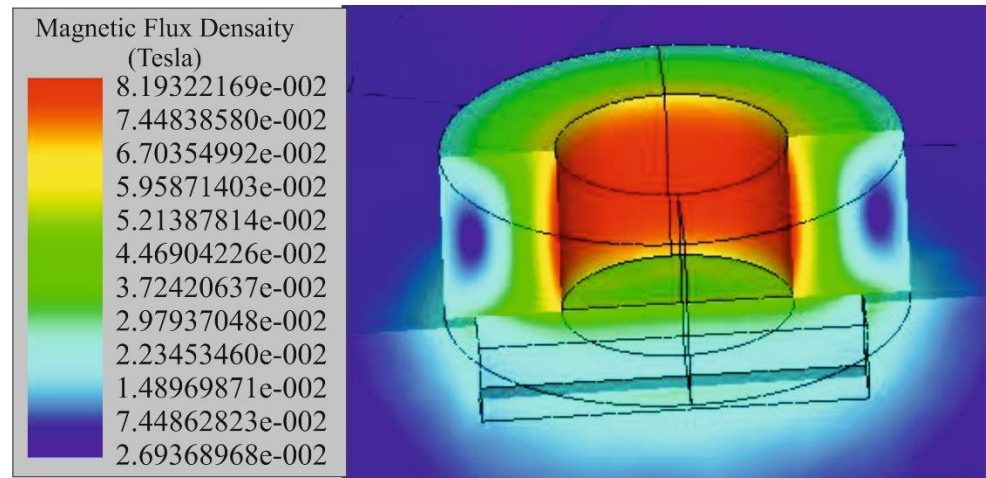
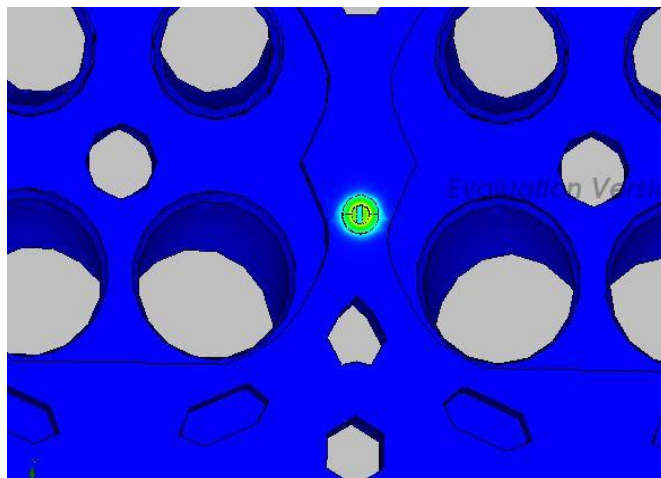


Se aplican medios, a todos los elementos que interfieren en el estudio; la bobina de cobre con una conductividad eléctrica $58.100 e + 6$ [S/m], la superficie de la culata, de aluminio con una conductividad eléctrica $3.06 e + 07$ [S/m] y el aire del entorno que rodea la culata y bobina de 0. Las propiedades de la bobina enrollada, 170 número de vueltas, y magnitud de corriente de 30 [mA].



SIMULACIÓN

La Fig. a) se observa la bobina de una sonda de corrientes de Eddy a 200 [kHz] en funcionamiento sobre la culata, la figura b) muestra la densidad del flujo magnético que genera la bobina sobre la fisura, en interacción con la culata, en un rango global entre $5.213878e-002$ y $8.19322169e-02$, con lift-off de bobina de 0.13 [mm].



CAE simulation of Eddy currents applied to a cylinder head.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

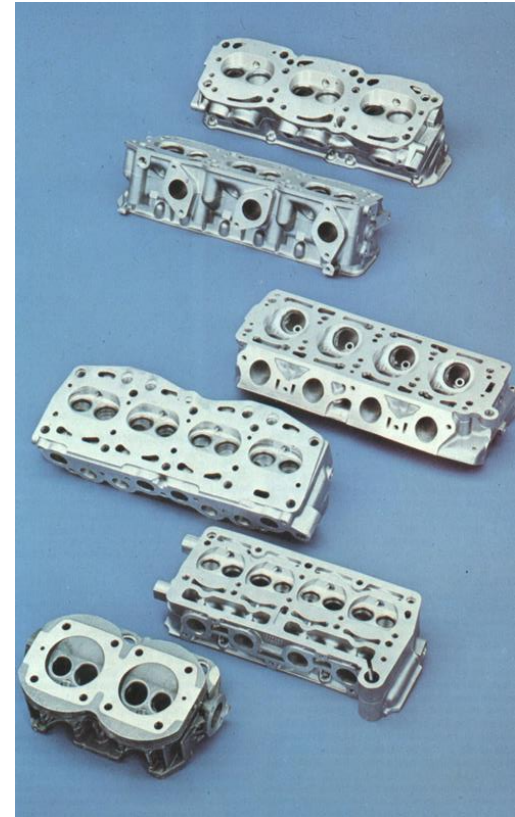
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

ENSAYOS Y PRUEBAS

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

Los resultados de los NDT muestran en la Inspección visual detecta defectos a partir de 4,5 [mm], Termografía infrarroja cubre un rango desde 2,5 [mm] de longitud, Tintas penetrantes revela fallos de 2 [mm] en adelante y no detecta todos los casos de defectos, Ultrasonido a pesar de tener un mayor alcance de penetración, se limita a la evaluación de la superficie en la culata.

Según la analogía realizada, se determina al ensayo de corrientes de Eddy con una eficiencia mayor, al tener un alcance superior de inspección respecto a los demás, detectando los cuatro tipos de defectologías encontradas en la culata desde una picadura de 0,8 mm de longitud, fisuras de 0,9 [mm], grietas y discontinuidades desde 1,2 [mm].

El ensayo ECT específicamente en culatas de aluminio, las frecuencias óptimas para la inspección de defectologías son 800 [kHz] y 200 [kHz] con ángulo de 55° para detectar fisuras, grietas y discontinuidades en la cámara de combustión y conductos admisión – escape.

Corrientes de Eddy presenta un rango de inspección a partir de 0,8 [mm] y es el único método de inspección que permite evaluar la culata en su totalidad; se determina a éste como nuevo método de diagnóstico y control de calidad en la vida útil de culatas aleadas.



Contribución

El presente estudio experimental propone una alternativa para la detección de defectos en culatas, siendo métodos de inspección eficientes, es importante introducir la flota de vehículos para el diagnóstico y control de calidad de imperfecciones de superficie y específicamente esta emitida en cabezotes de automovil.

Futuras aportaciones

El estudio se complementará con la implementación de inteligencia artificial con learn machine SVM, para predecir defectologías que no percibe el ojo humano y obtener un mejor diagnóstico y control de calidad en la vida útil en culatas de aleaciones de aluminio fundido.