



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA**

**TEMA: “ANÁLISIS DE LA HERMETICIDAD EN LA REPARACIÓN DE FISURA DE UN BLOQUE DE MOTOR DE HIERRO FUNDIDO MEDIANTE EL MÉTODO DE RECONSTRUCCIÓN EN FRIO METALOCK”**

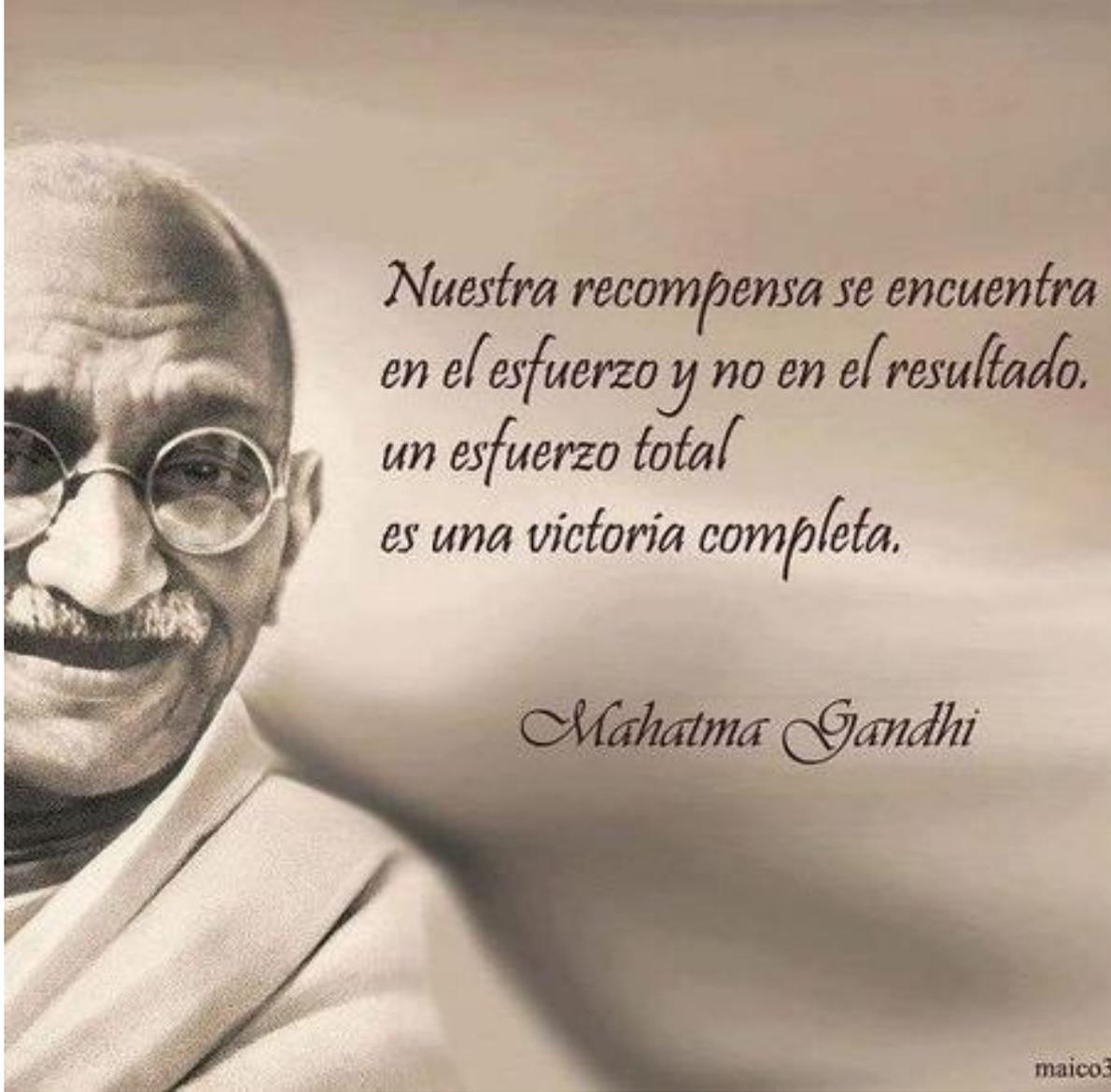
**AUTORES:**

- **CAIZA CHIGUANO, PEDRO LUIS**
- **CHICAIZA PILA, WILLIAM ALDAIR**

**DIRECTOR:**

- **ING. SALAZAR CORRALES, MARCELO FABIAN**





*Nuestra recompensa se encuentra  
en el esfuerzo y no en el resultado.  
un esfuerzo total  
es una victoria completa.*

*Mahatma Gandhi*

maico3



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Tabla de contenido

1. Antecedentes.
2. Planteamiento del problema.
3. Objetivo.
  - 3.1. Objetivo General
  - 3.2. Objetivo Especifico
4. Metas.
5. Hipotesis.
6. Aplicación de los métodos de reconstrucción en frio Metalock.
7. Antecedentes de una fisura de un bloque motor.
8. Insumos Metalock.
  - 8.1. Pernos Metalock.
  - 8.2. Laves Metalock.
  - 8.3. Matriz de perforación.
9. Diseño de reconstrucción en frio Metalock.
  - 9.1. Fase I: Detección de la fisura.
  - 9.2. Fase II: Proceso de reconstrucción en frio Metalock.
  - 9.3. Fase III: Comprobación de la hermeticidad.
10. Aplicación de las herramientas de confiabilidad.
11. Cálculo de confiabilidad.
12. Grafica de la región lineal.



# ***Tabla de contenido***

13. Curva de confiabilidad

14. Control de calidad PHVA.

14.1 Hacer

14.2 Verificar

14.3 Pruebas de hermeticidad aplicado a la reparación del bloque motor

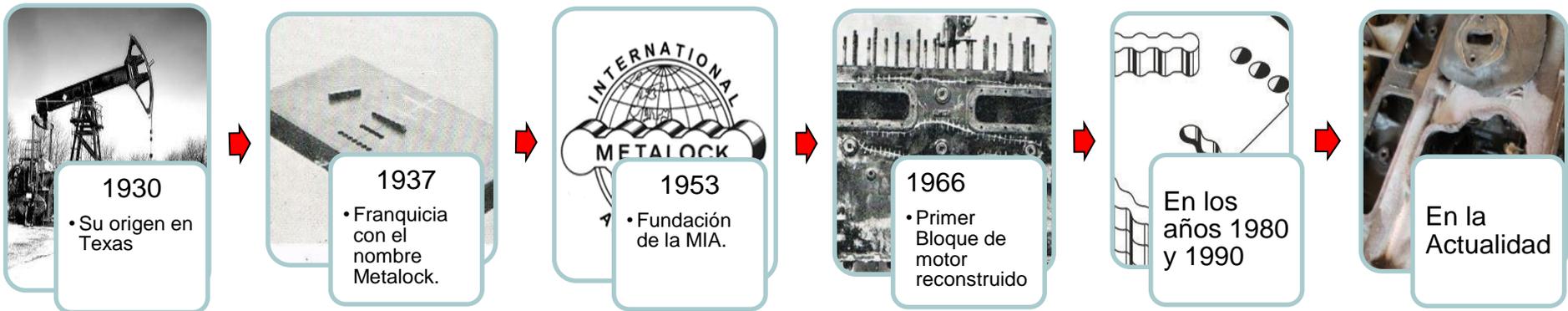
15. Conclusiones

16. Recomendaciones

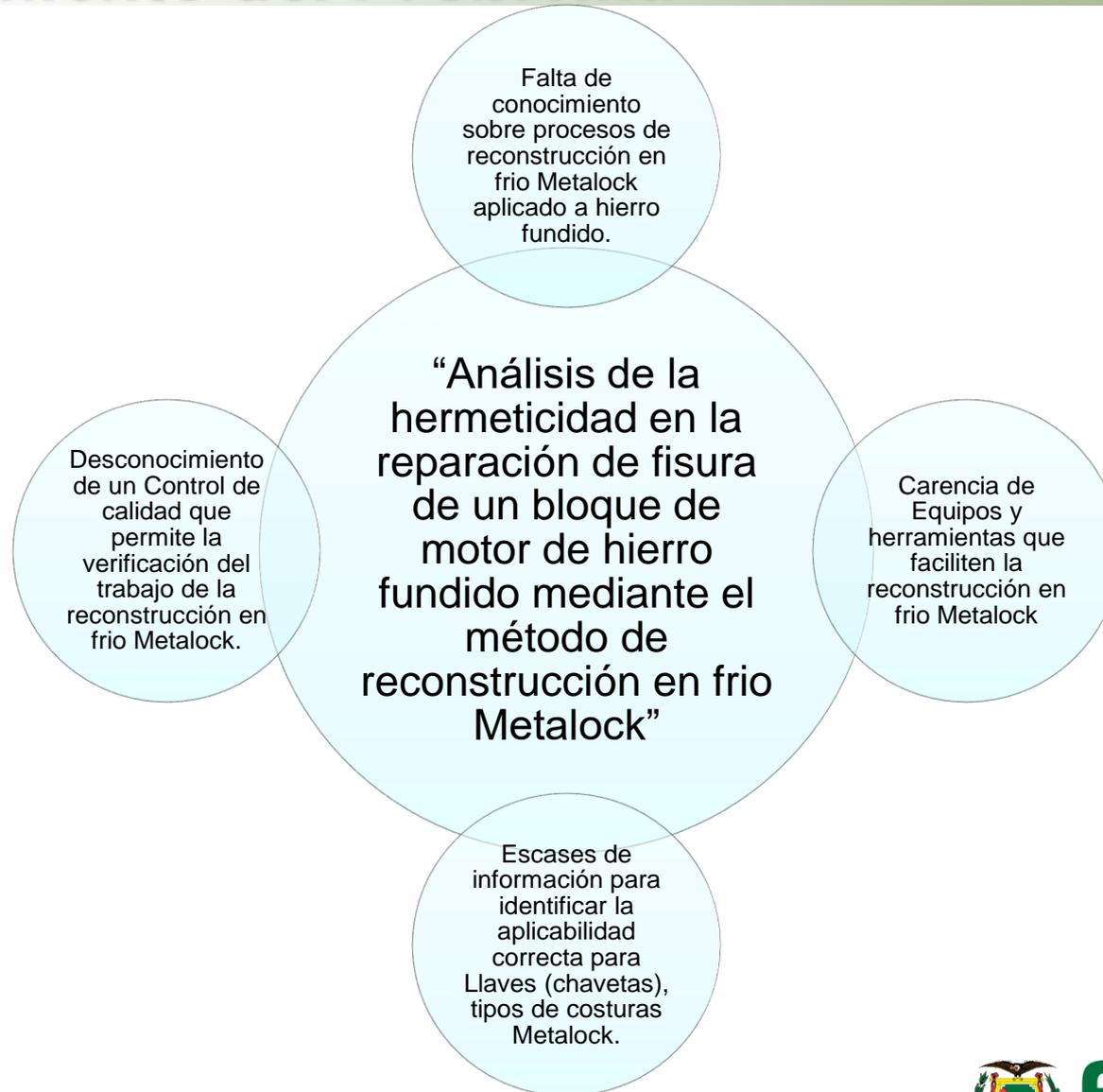


# Antecedentes

## Metalock



# Planteamiento del Problema



# OBJETIVOS

## Objetivo General



Analizar la hermeticidad en la reparación de fisura de un bloque de motor de hierro fundido mediante el método de reconstrucción en frío Metalock



# Objetivos Específicos



Investigar información técnica y teórica relevante que aporten un alto grado de contenido científico a la investigación.



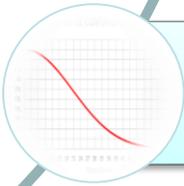
Elaborar un diagrama de proceso que permite realizar una reparación en frío en un lapso corto de tiempo y con gran eficiencia



Proponer un método de trabajo que ayude a optimizar recursos, mejorar la calidad y reducir pérdidas económicas.



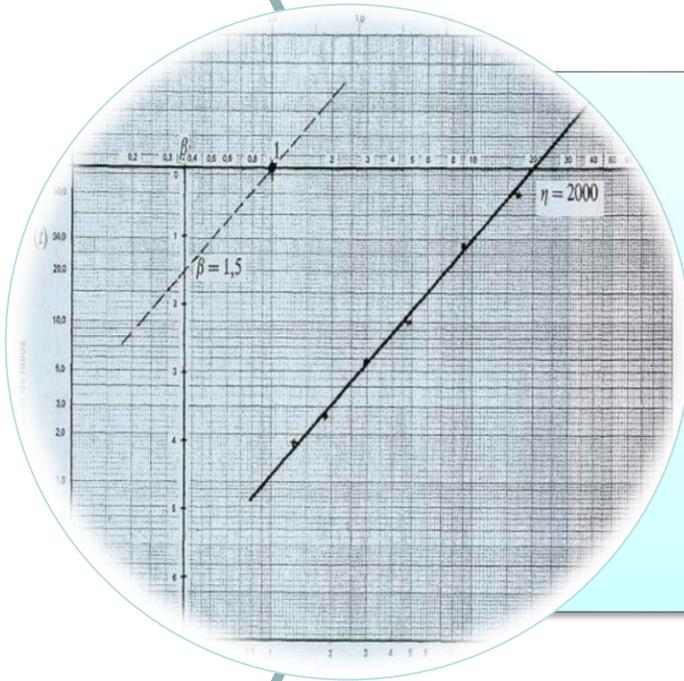
Realizar pruebas de hermeticidad a diferentes grados de temperatura y presiones de líquido refrigerante para la observación de la hermeticidad.



Determinar la confiabilidad de la reconstrucción en frío Metalock, aplicando el método de Weibull para garantizar la reparación.



# HIPÓTESIS



¿El método de reconstrucción en frío Metalock garantizará más del 70% de confiabilidad a condiciones de temperatura de operación de un bloque de motor de hierro fundido?



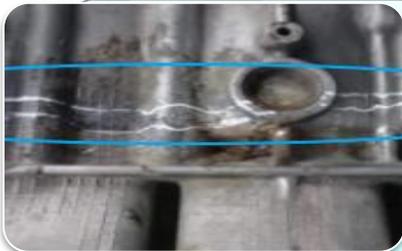
# Aplicación de los métodos de reconstrucción en frío Metalock



# ***Antecedentes de una fisura de un bloque motor***



***Sobrecalentamiento del motor***



***Mala fundición de origen***



***Método de reconstrucción inapropiado***



***Desprendimiento del brazo de biela por el cambio brusco de revoluciones***



# Requerimientos para la reconstrucción en frío Metalock

- Presencia de fisuras, rajaduras, debilitamiento o rupturas en el bloque motor de hierro fundido.

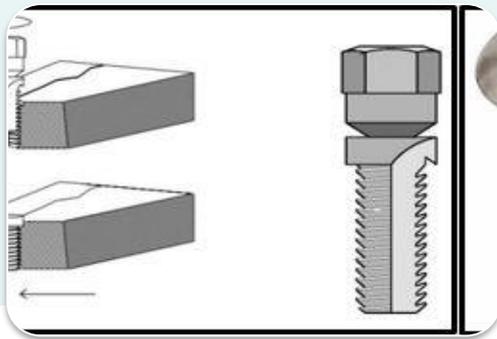
- El bloque motor de hierro fundido debe estar libre de piezas y componentes que lo conforman.

- No debe haber sido expuesto a ningún otro método de reconstrucción el área fisurada.

- El bloque motor de hierro fundido debe encontrarse libre de lubricante y refrigerante en sus conductos internos.



# INSUMOS METALOCK



Pernos  
Metalock



Llave Metalock



Matriz de  
perforación



# Pernos Metalock

## Pernos serie C

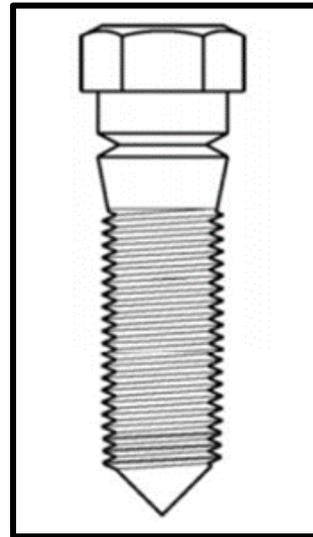
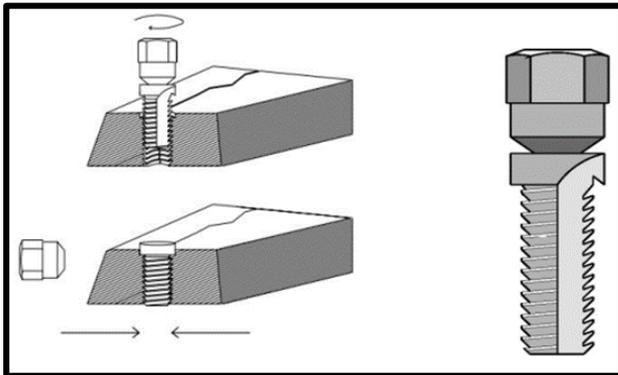
Castmaster, se lo obtiene por fabricación CNC

## Pernos serie L

Se pueden utilizar si el ángulo de instalación supera los 20 grados

## Otro tipo de pernos, tornillos

Diversidad de formas, dimensiones y roscas cumpliendo con las normas ISO y ANSI



Denominación	Tamaño del perno		Espesor de paredes de refrigeración	
	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.
4	6.35	1/4	8	1/4
3	4.76	3/16	6	3/16
2	3.97	5/32	5	5/32
1	3.18	1/8	4	5/32



# Llave Metalock

El procedimiento del calce es de forma transversal a la superficie de la fisura formando un conjunto hembra y macho

La profundidad del 80% del material a reparar



Denominación	Tamaño de la llave metalock		Profundidad de llave		Fuerza de llave		Espesor de paredes de refrigeración	
	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	Kg.	Ton.	mm.	Pulg.
5	8	5/16	6.5	1/4	2900	2.85	8	1/4
			5.5	3/16	2500	2.46	6	1/4
4	6.75	1/4	6.5	1/4	2400	2.36	8	1/4
			4.76	5/32	1800	1.77	6	3/16
3	5	3/16	4.8	5/32	1440	1.42	6	3/16
2	4	1/8	4	1/8	950	0.93	5	5/32
1	3.2	3/32	3.2	3/32	600	0.59	4	5/32



## Distancia de espaciado de llaves Metalock

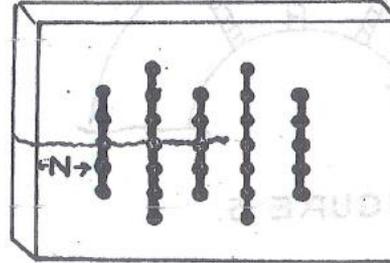
Resistencia	Llave 5		Llave 4		Llave 3		Llave 2		Llave 1	
	mm.	Pulg.								
15 kg/mm <sup>2</sup>	30	3/16	25	1	20	3/4	15	5/8	12	1/2
20 kg/mm <sup>2</sup>	23	15/16	20	7/8	15	5/8	11	7/16	10	3/8
30 kg/mm <sup>2</sup>	15	5/8	13	1/2	10	3/8	8	5/16	6	3/16
40 kg/mm <sup>2</sup>	12	1/2	10	3/8	8	5/16	6	3/16	-	-
50 kg/mm <sup>2</sup>	10	3/8	8	5/16	6	3/16	-	-	-	-
55 kg/mm <sup>2</sup>	19	3/4	15	5/8	13	1/2	9	3/8	-	-

Descripción	Largo de llaves metalock
Trayectoria recta común, sujeto a grandes fuerzas de tracciones	3 y 5 puntos
Metales débiles por porosidad	7 y 9 puntos
Trayectoria recta común, con 2 fracturas en el punto central de la rajaduras	5 y 7 puntos

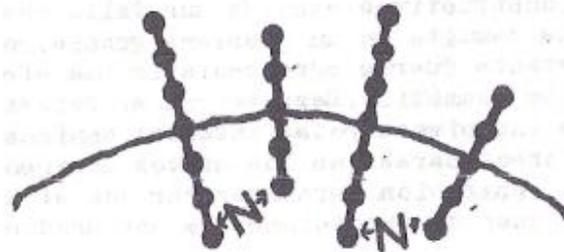


## Aperturas de llaves metalock

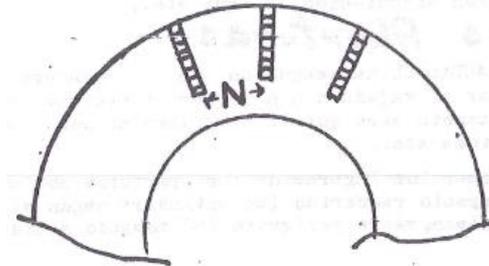
En fisuras de trayectoria recta el espaciado queda hacia el borde, desde el punto central.



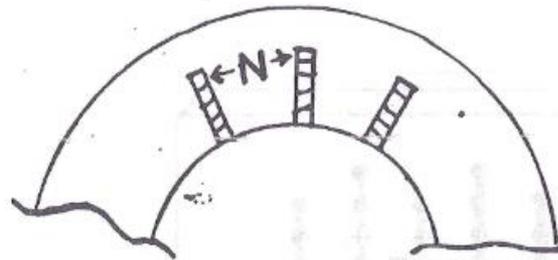
Cuando exista fisura curvada las medidas serán tomadas del punto más cerca al final de las aperturas



En superficies convexas las aperturas serán espaciadas para dar las dimensiones propias al fondo de la apertura.



En superficies cóncavas las aperturas serán espaciadas para las dimensiones propias a la base de apertura.



## Matriz de perforación

Patrones de orificios que facilitan la perfección uno seguido de otro, su uso es perpendicular a la grita a reparar.

El material de la matriz de perforación es de acero K460 (matrices y punzones).



Denominación	Tamaño matrices de perforación	
	mm.	Pulg.
5	8	5/16
4	6.75	1/4
3	5	13/64
2	4	1/8
1	3.2	3/32



# Diseño de Reconstrucción en frío Metalock



Fase I:  
Detección de  
la fisura.



Fase II:  
Proceso de  
reconstrucción  
en frío.



Fase III:  
Comprobación  
de la  
hermeticidad

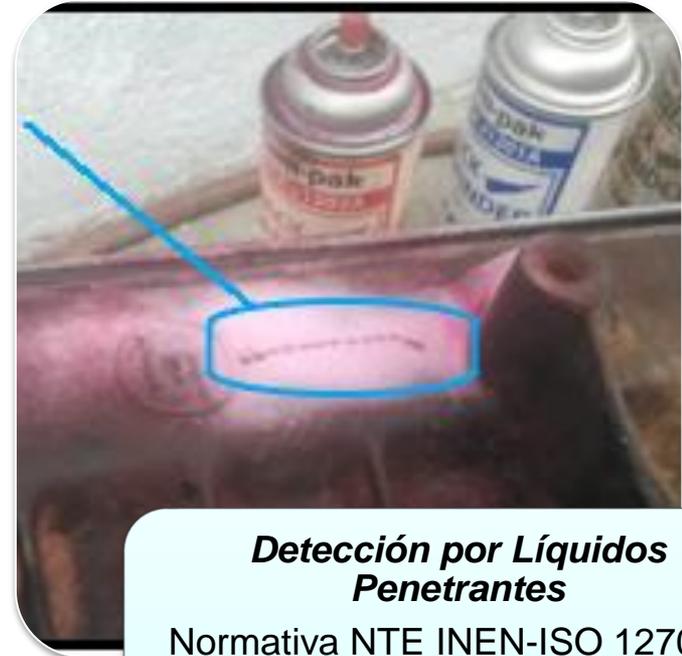
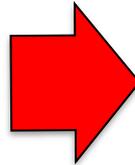


# Fase I: *Detección de la fisura*



## **Prueba Hidrostática**

- Limpieza del bloque motor.
- Sellar todos los conductos de entrada y salida de líquido refrigerante.
- Conectar los neoplos de aire del compresor a 100 lb.
- Visualizar el área de ensayo a reconstruir.
- Determinar la trayectoria de la fisura.



## **Detección por Líquidos Penetrantes**

Normativa NTE INEN-ISO 12706 y ASTM E 165

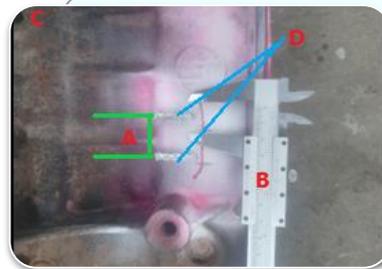
- Limpiar el área de la fisura detectada.
- Aplicar CRACK FINDER CLEANER parte 1.
- Rosear el líquido CRACK FINDER DYE/PENETRANT parte 2.
- Finalmente se aplica el líquido CRACK FINDER DEVELOPER parte 3.



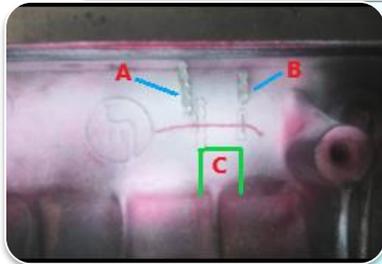
# Fase II: Proceso de reconstrucción en frío Metalock



Señalización de la trayectoria de fisura del bloque motor



Marcación de distancia entre llaves metalock distribuido en el bloque motor



Cálculo de cantidad de llaves metalock de 5 y 3 puntos



Perforación de orificios para las llaves metalock (trasversal a la fisura)





Medición de profundidad de perforación de llaves metalock



Eliminación de material sobrante entre orificios del bloque motor



*Colocación del calce de las llaves metalock en el bloque motor*



Colocación del calce de las llaves metalock en las ranuras del bloque motor





Perforación sobre la trayectoria de la fisura del bloque motor



Colocación de pegamento pegamentos serie 80008 de la marca “Permatex” en los orificios de roscado



Colocación y ajuste de los perno especiales en la fisura del bloque motor



Corte de la longitud del perno sobrante del bloque motor





Vista de la costura metálica Metalock del bloque motor de hierro fundido



Fijación de las llaves metalock del bloque motor de hierro fundido.



Compactación de la costura metálica metalock del bloque motor.



Proceso de desbaste y rectificación de la costura metálica del bloque motor.



# ***Aplicación de las herramientas de confiabilidad***

- Retorno de trabajo por fugas de líquidos refrigerante

<b>#</b>	<b>Técnico</b>	<b>Tiempo estimado en años</b>
1	Jorge Flores Paguay	3 años
2	Pablo Zambrano	1 años
3	Ing. Christian Ortiz	2 años
4	Ing. Esteban Barbosa	2 años



# Cálculo de la confiabilidad

- Datos obtenidos por muestra

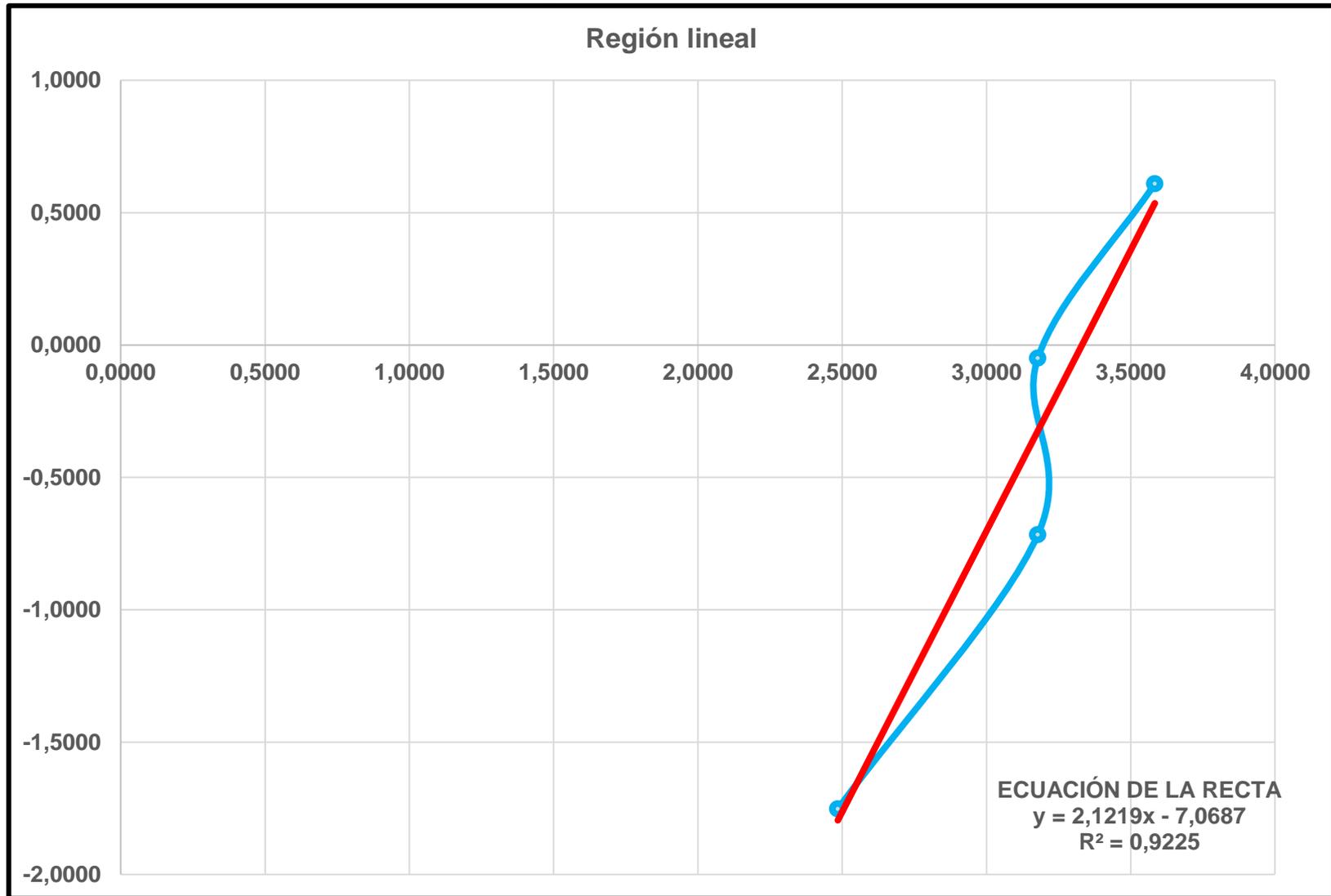
N° de muestra por técnico	X (años)	Y
1	1	0,109375
2	2	0,265625
3	2	0,421875
4	3	0,578125

- Tabla de región lineal

N° de muestra por técnico	X (meses)	Y	X		Y		$x^2$	$y^2$
			$Ln(x)$	$Ln(Ln(\frac{1}{1-Y}))$	$(X * Y)$			
1	12	0,1094	2,4849	-2,1556	-5,3565	6,1748	4,6467	
2	24	0,2656	3,1781	-1,1753	-3,7351	10,1000	1,3813	
3	24	0,4219	3,1781	-0,6015	-1,9117	10,1000	0,3619	
4	36	0,5781	3,5835	-0,1473	-0,5278	12,8416	0,0217	
SUMATORIA	96	1,3750	12,4245	-4,0797	-11,5311	39,2164	6,4115	



# Gráfica de la región lineal



- Es necesario obtener el valor de  $\eta$  con la ecuación , que se demostrará a continuación

$$\eta = e^{\alpha/-\beta}$$

$$\eta = e^{-7,0687/-2,1219}$$

$$\eta = 28$$

- Finalmente podemos calcular la confiabilidad de la reconstrucción en frio metalock para un tiempo de 1 año, aplicando la siguiente ecuación

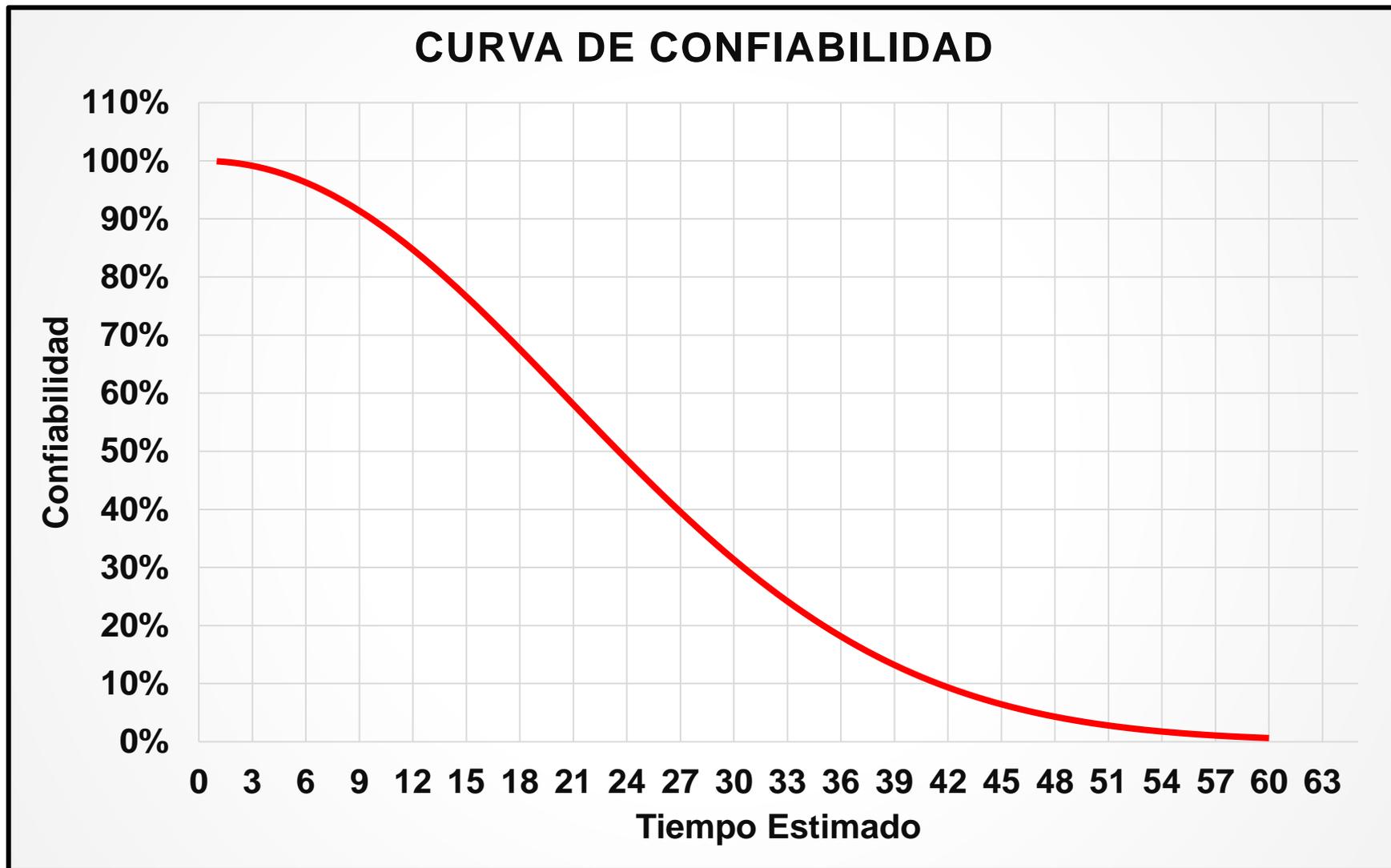
$$R(T) = e^{-\left(\frac{T-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(T) = e^{-\left(\frac{12-0}{28}\right)^{2,1219}}$$

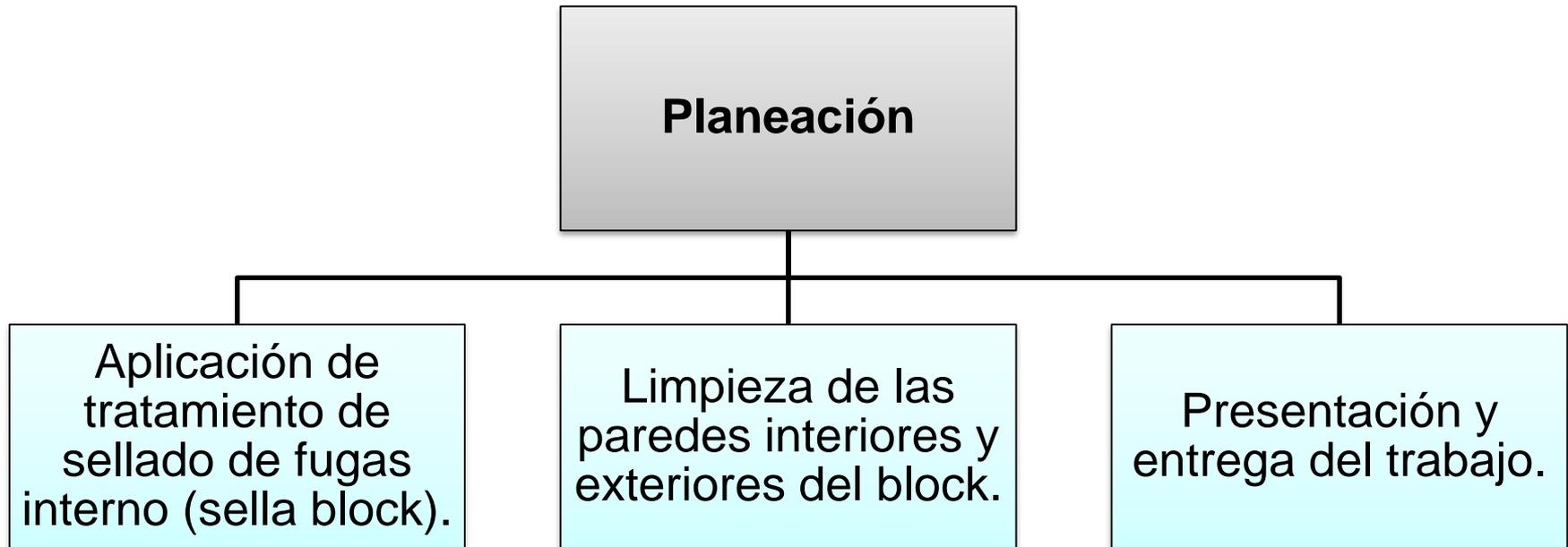
$$R(T) = 0.8475 * 100\% = \mathbf{85\%}$$



# Curva de confiabilidad



# Control de calidad PHVA



- **Hacer**



Aplicación de tratamiento de sellado en el bloque motor Mazda NA reparado



Limpieza del bloque motor Mazda serie NA



Pintado y lijado del bloque motor de hierro fundido

# • Verificación

Trabajo de garantía  
y confiabilidad

Presentación  
impecable

Comparación y  
confrontación entre  
la planeación



Bloque motor de hierro fundido  
listo para su entrega al cliente



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# ***Pruebas de hermeticidad aplicado a la reparación del bloque motor***

<b>Descripción</b>	<b>Presión lbf</b>	<b>Observación</b>	<b>Eficiencia</b>
Por gravedad	0	S/N	100%
Presión de funcionamiento	13	S/N	100%
Sobredimensionado a 200%	26	S/N	100%
Sobredimensionado a 400%	52	S/N	100%
Sobredimensionado a 800%	104	S/N	100%



# Conclusiones

- ❖ A pesar de haber desarrollado una investigación detallada, se obtuvo escasa información, ya que es un método novedoso y alternativo, para lo cual se optó argumentar la teoría mediante el método de investigación de campo exploratorio para adquirir más conocimiento para la ejecución de la investigación.
- ❖ Tal y como se ha podido verificar en la reparación de la fisura del bloque motor de hierro fundido por el método de reconstrucción en frío Metalock permite la formación de una costura metálica en la fisura ubicada en área de ensayo del bloque motor, para el calce de las llaves metalock de aleaciones especiales de níquel cromo y de tornillos de material ANSI/ASME B18.6.3. en forma de solape.
- ❖ Para explicar mejor los resultados obtenidos en la reparación de fisuras del bloque motor de hierro fundido se elaboró diagramas de procesos divididos en tres partes, los cuales son detección de fisuras, reconstrucción en frío Metalock finalizando con el control de calidad con el fin de optimizar el tiempo de restauración garantizando la eficiencia de ejecución de trabajo.



- ❖ Tras el análisis de hermeticidad de la reparación de fisura empleando los END durante 24 horas de pruebas a diferentes condiciones de temperatura y presiones del bloque motor de hierro fundido de la marca Mazda serie 4L, se obtuvo como resultado una eficiencia del 100% en la restauración utilizando el método de reconstrucción en frío Metalock.
- ❖ En la hipótesis inicial planteada se especulaba obtener una garantía mayor al 70% en la reparación de una fisura mediante el método de reconstrucción en frío Metalock, mediante cálculos desarrollados se comprobó una confiabilidad del 85 % en un lapso de tiempo de un año.
- ❖ Mediante la gráfica de curva de confiabilidad se puede determinar que el método de reconstrucción en frío Metalock es confiable en un lapso de tiempo de 17 meses de haber transcurrido su reparación de fisura del bloque motor de hierro fundido, basándose en la hipótesis inicial que supere el 70%.
- ❖ La reparación de fisuras mediante el método de reconstrucción en frío Metalock permitiendo disminuir desechos sólidos de autopartes automotrices dando una segunda oportunidad para cumplir con su funcionalidad.



# Recomendaciones

- ✓ En el proceso de reconstrucción en frío Metalock de un bloque motor de hierro fundido se debe tomar en cuenta el límite de profundidad para la perforación de las ranuras de las llaves metalock que es del 80% del área original a reconstruirse.
- ✓ Para el diseño y construcción de las llaves metalock se sugiere tener a consideración las fórmulas, teniendo en cuenta el espesor de las paredes de refrigeración del bloque motor que se requiere reparar.
- ✓ Se recomienda continuar con el estudio del control de calidad para futuras investigaciones aplicar la fase de actuar y mejora continua que ayudaran hacer un replanteo de acciones en caso de no cumplir con los objetivos planteados en la planificación, en caso de obtener resultados positivos y superar las expectativas es necesario estandarizar y sistematizar el proceso.



*Una pasión que nos une*



**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA