

# Nuevas Tecnologías de Inspección Boroscópica



GE Inspection  
Technologies



imagination at work

# 1. Introducción.



## La inspección se divide en tres partes

### 1. Detección POD

- Luminosidad - Resolución
- Angulo de Visualización,
- Articulacion 180°
- Entrenamiento

### 2. Evaluación:

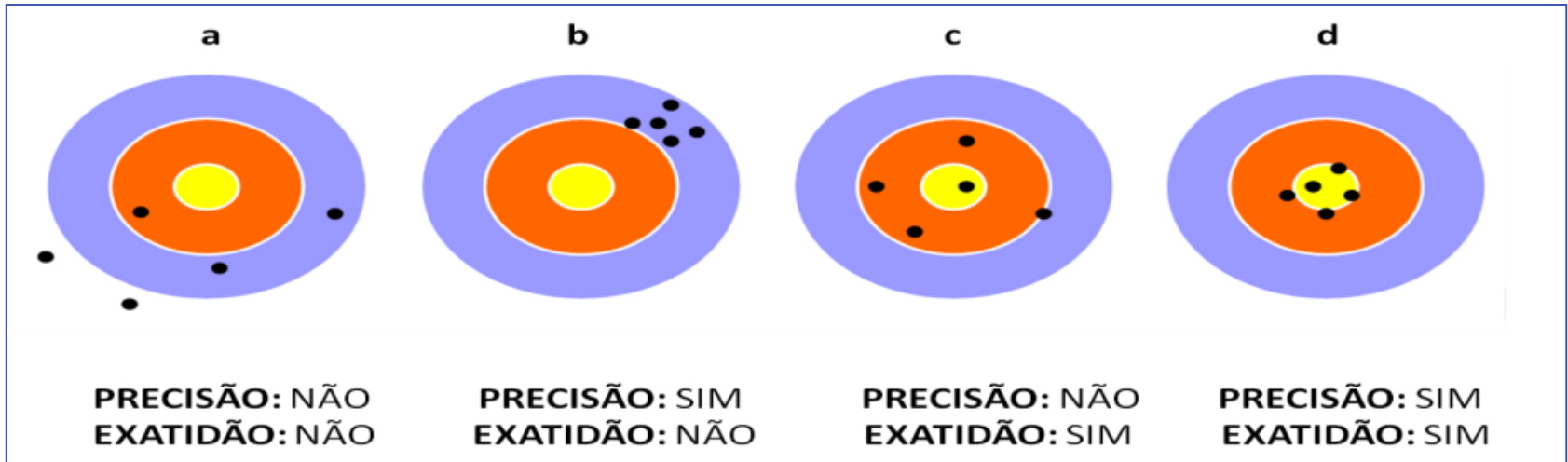
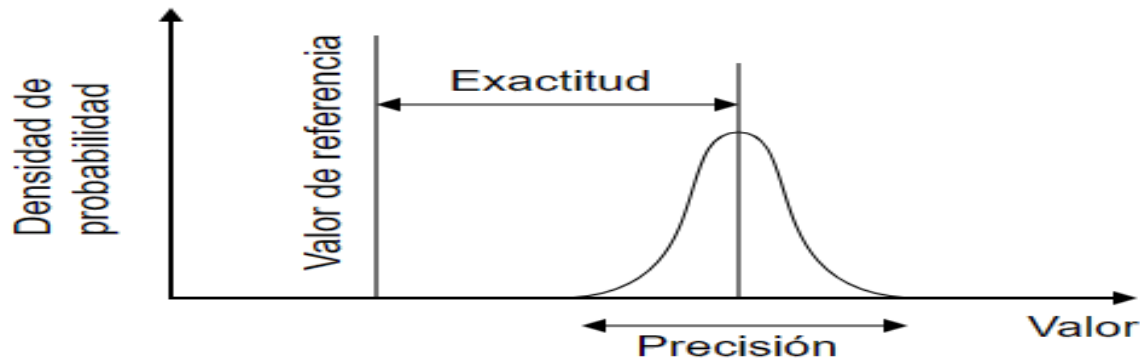
- Precisión y Exactitud
- Visualização 3D
- Simplicidad
- Reducción del tiempo de entrenamiento de los inspectores
- Entrenamiento

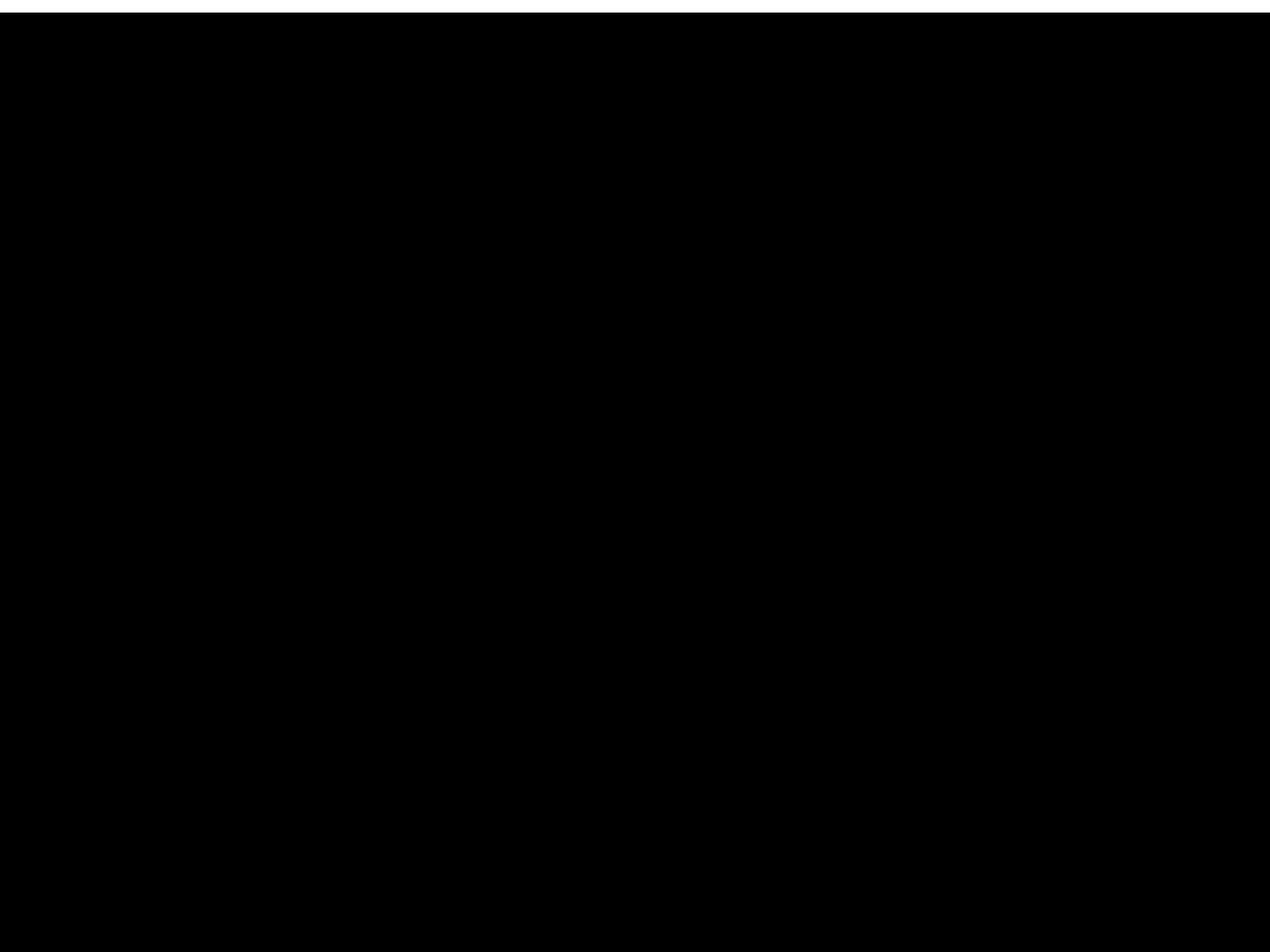
### 3. Report :

- Proceso estandarizado
- Entrenamiento

# 1. Introdução

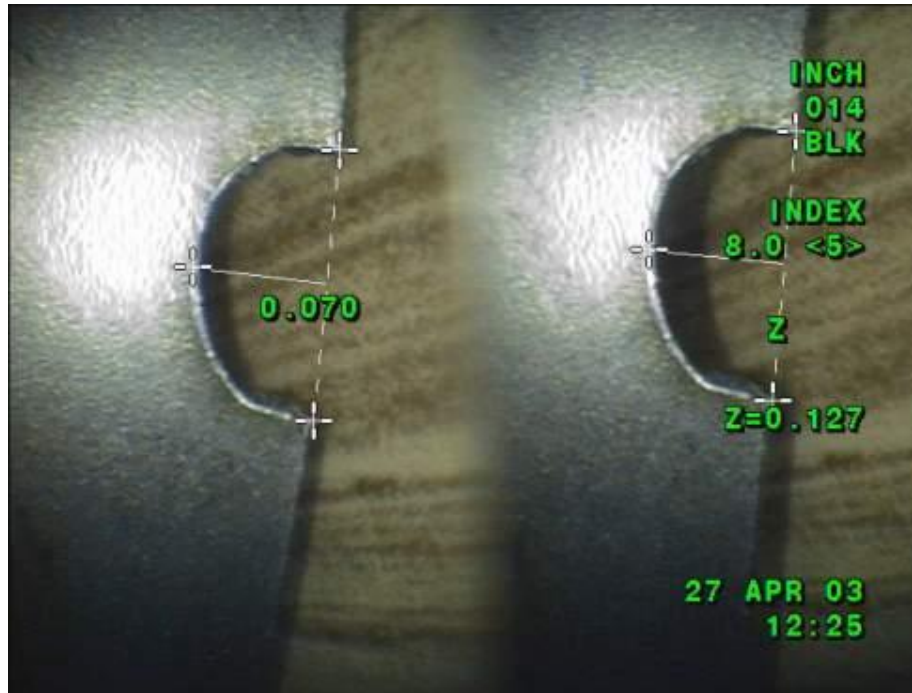
## Exactitud x Precisión





# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

- Las puntas de la sonda estereofónica proporcionan una vista izquierda y derecha -
- La computadora utiliza la geometría de triangulación para realizar mediciones
- Precisión de la medición DEPEND de Usuario entrenado
- La sonda no tiene que ser perpendicular al objetivo



**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**

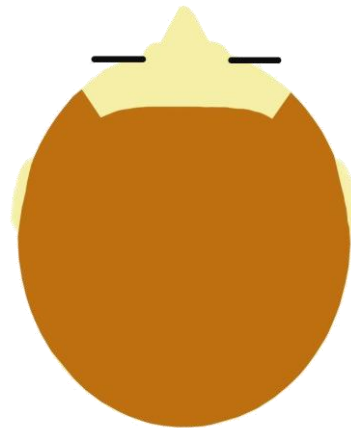


# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

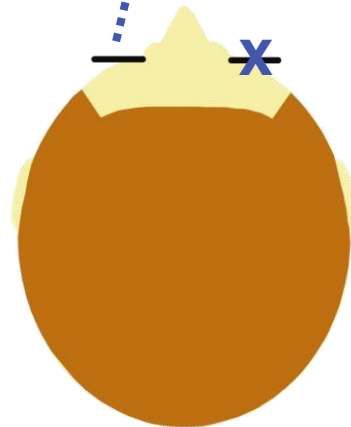
- Visibilidad: la indicación debe ser completamente visible en ambos lados de la pantalla.
- La punta debe estar lo más cerca posible del objetivo manteniéndolo enfocado.
- Minimice el resplandor ajustando el ángulo de visión y el brillo de la imagen en las áreas donde colocará los cursores.
- Si mide la distancia entre líneas oa través de un círculo, la imagen está orientada de manera que pueda colocar cursores en los bordes izquierdo y derecho del elemento a medir, no en los puntos superior, inferior o diagonal. El sistema necesita detalles diferenciados a la izquierda y derecha de cada cursor para colocar con precisión los cursores coincidentes en relación horizontal con los cursores de la izquierda.

**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**

# Stereoscopic?



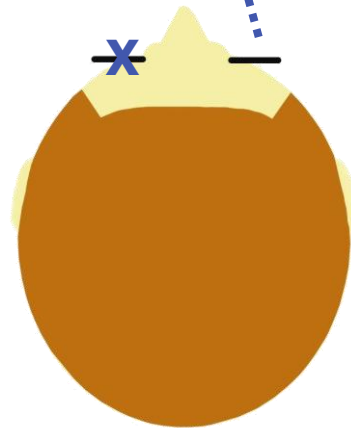
# Stereoscopic?



What the left eye sees.



# Stereoscopic?

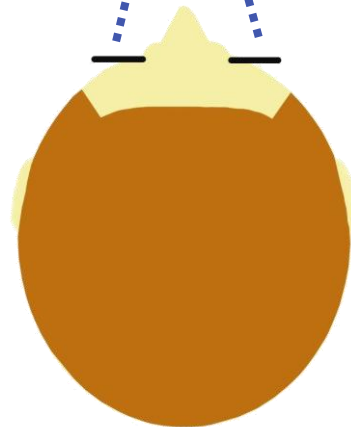


**What the right eye sees.**

# Stereoscopic



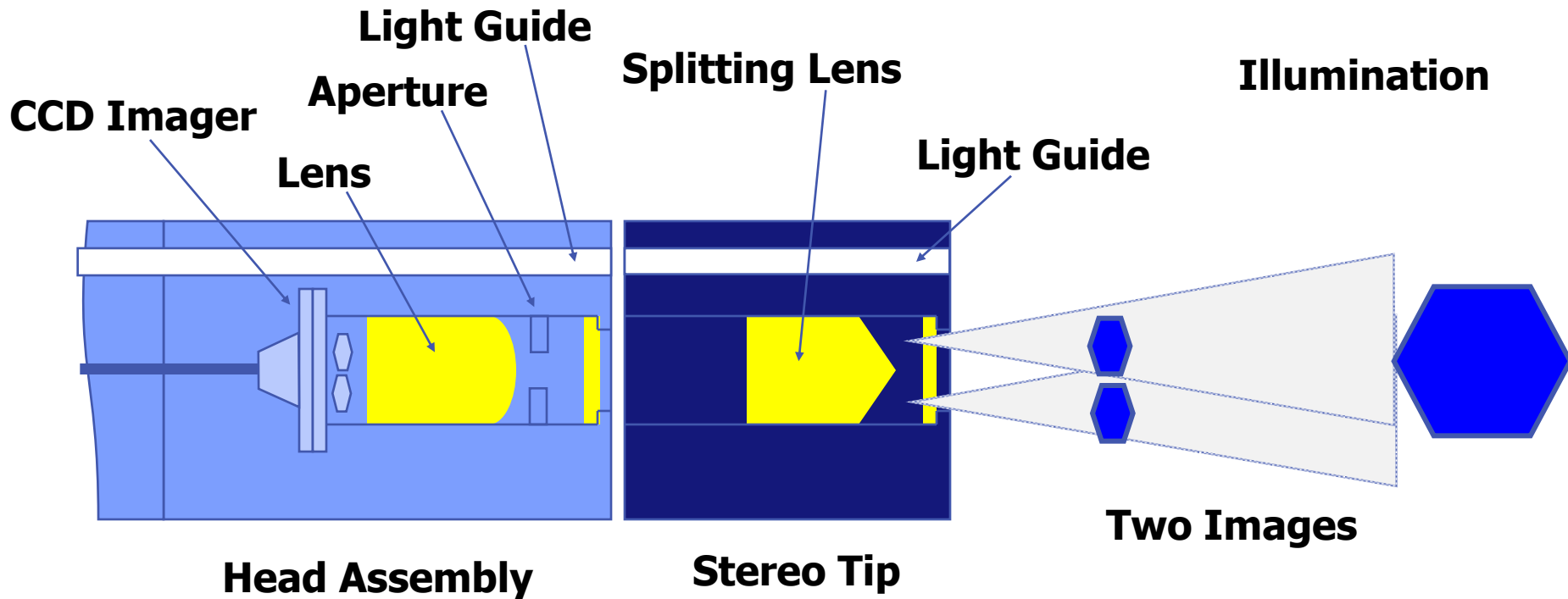
When both are open,



we get a Stereoscopic image.

# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

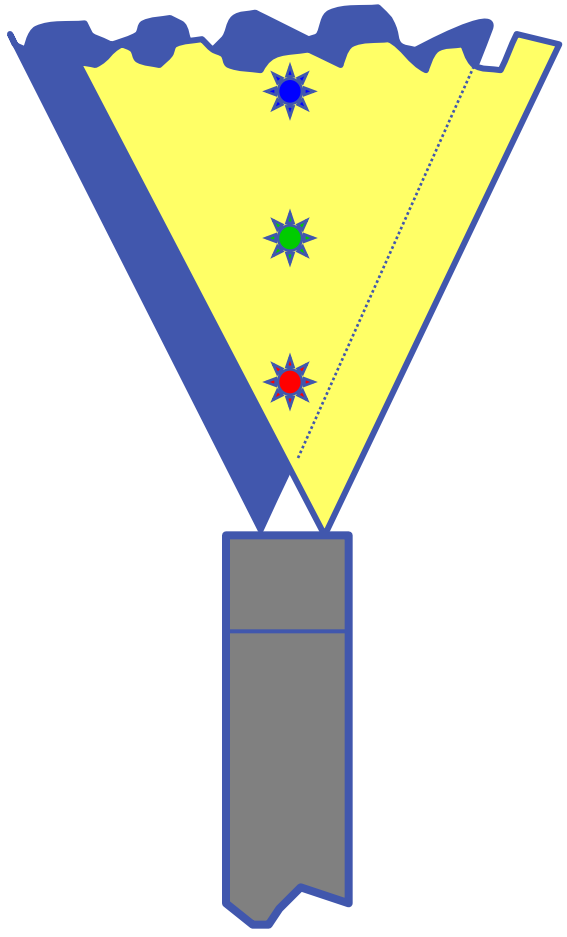
## Tip/Head Construction



## Stereo Technology



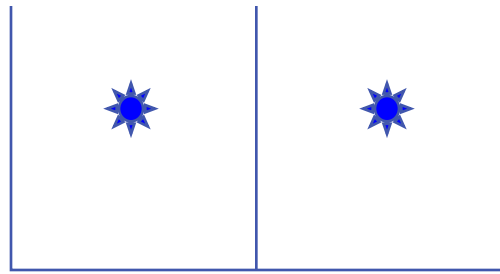
# 3. Tecnicas Convencionales STEREO



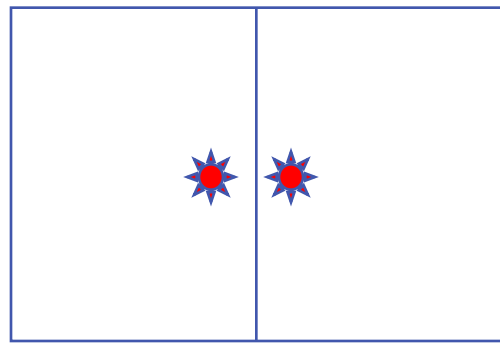
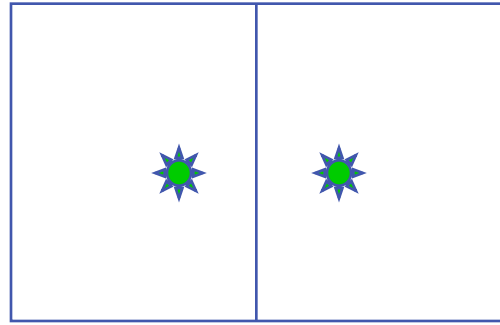
Large  
Tip to Target  
Distance



Small  
Tip to Target  
Distance



Stereo  
View  
On  
Screen

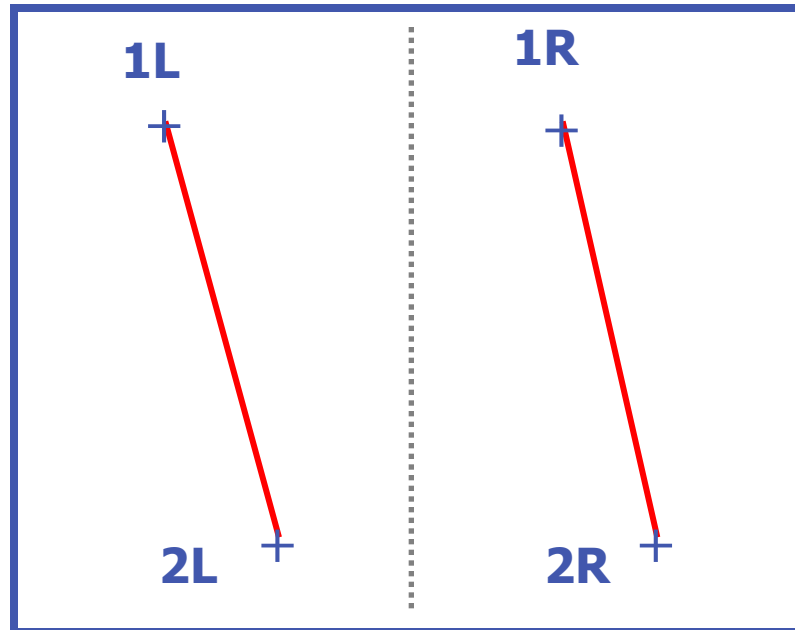


Left

Right

# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

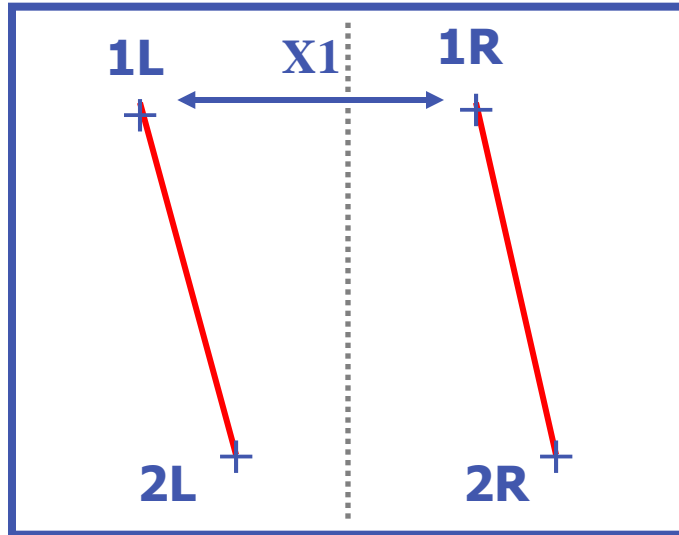
## How Stereo Works



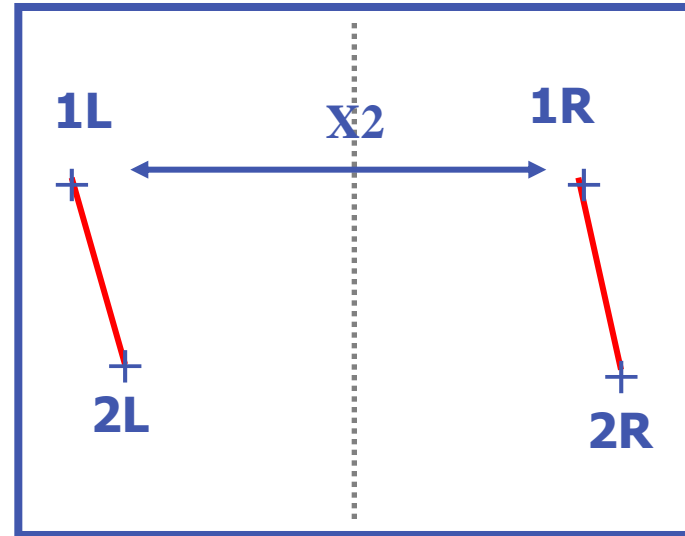
**Length Defect Example**

# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

## How Stereo Works



**Small Tip to Target Dist.**



**Larger Tip to Target Dist.**

- Tip to target distance is based on the horizontal pixel spacing between left and right views -  $X1$  for points 1L and 1R
- Tip to target distance is calculated for every cursor in Stereo

# 3. Tecnicas Convencionales STEREO

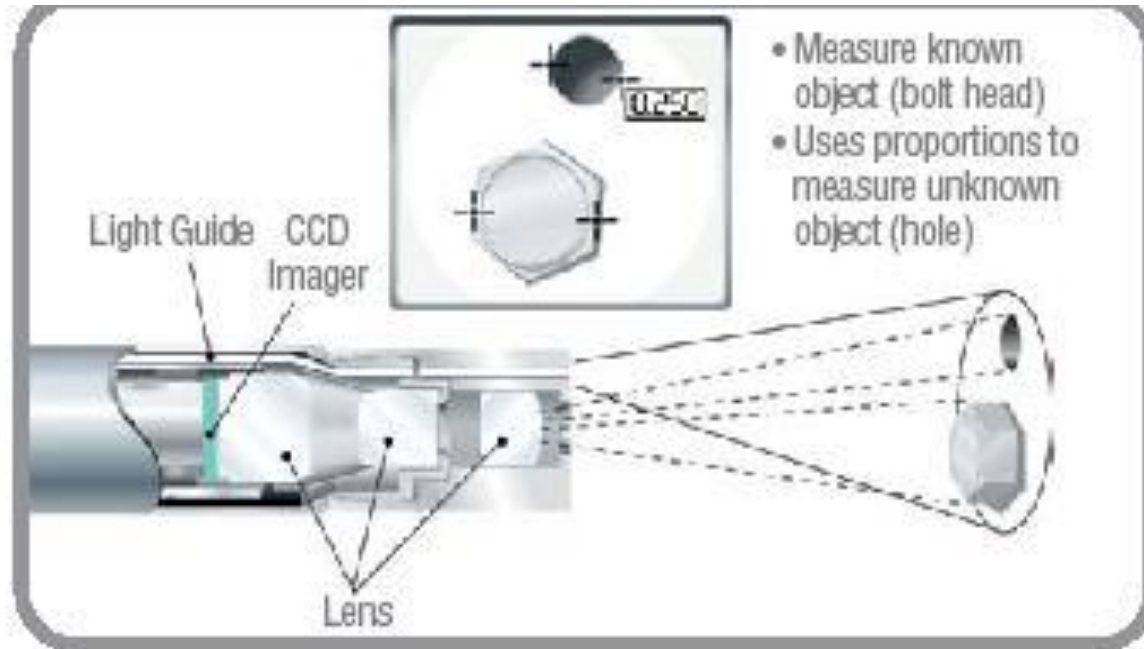
- StereoProbe Match Strength values range from <0> to <5>
- <0> to <5> values indicate how well the matching software found common pixel patterns around the cursor point
- The higher the match strength value, the higher the probability of an accurate measurement
- When possible try to use a point that has a match strength of <4> or greater



Match Strength Value

**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**

# 3. Tecnicas Convencionales Comparación



Vantagens???

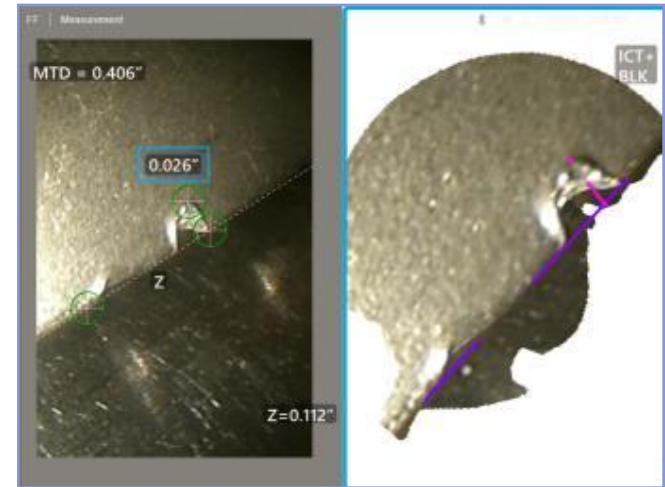
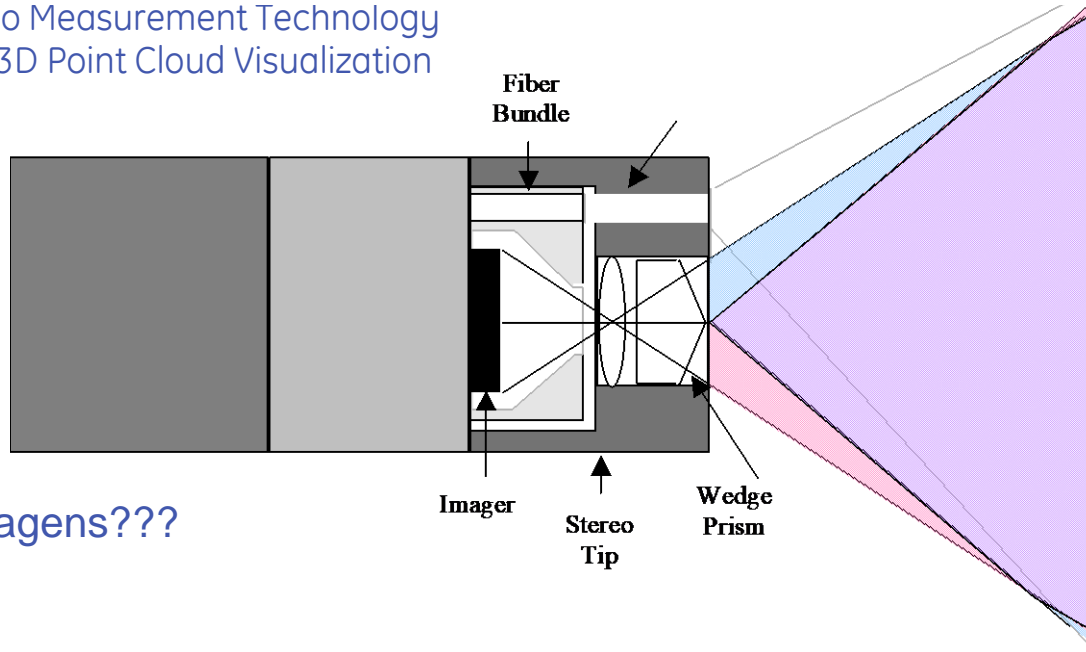
- Simple measurement method
- No special tips required
- Known object dimension must be in image
- Target must be perpendicular to the tip

**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**



# 4. Técnicas de Medición 3D Stereo

Stereo Measurement Technology  
with 3D Point Cloud Visualization



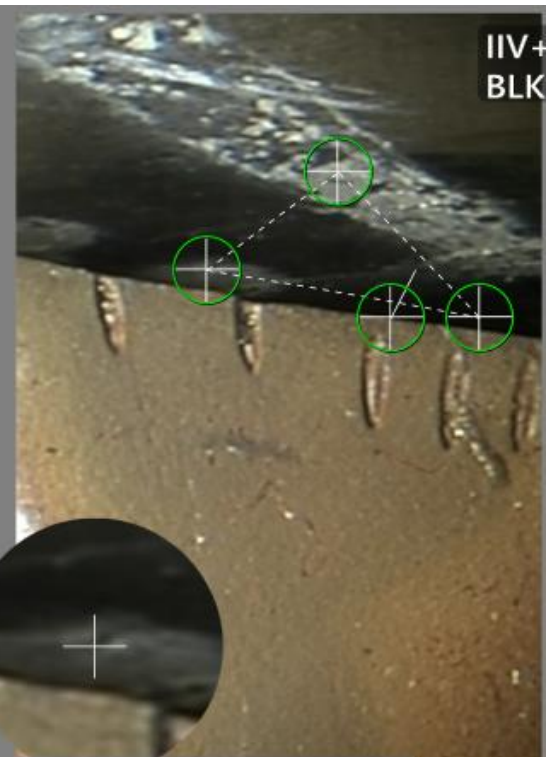
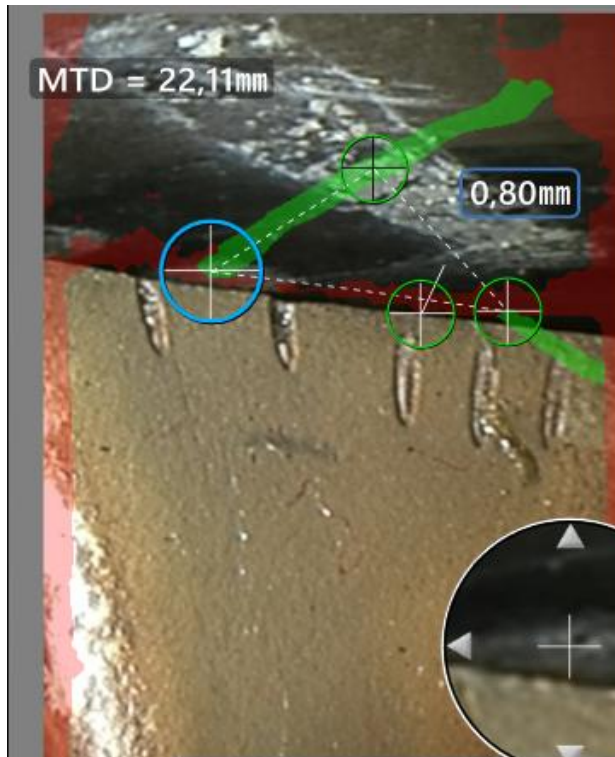
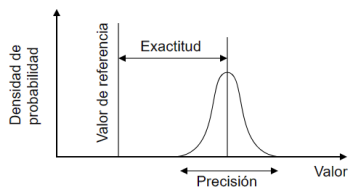
Vantagens???

- Image is split into Left Image and Right 3D Point Cloud Screens
- Real-time tracking of cursor movement in Point Cloud
- Measurements may be performed from any angle
  - **NUVEM DE PONTOS AUMENTA PRECISIÓN Y A EXATIDÃO DO ENSAIO**

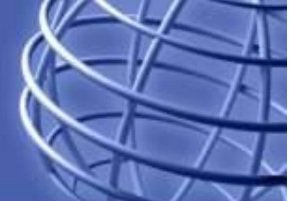


# 4. Técnicas de Medición 3D Stereo

Inspection Manager



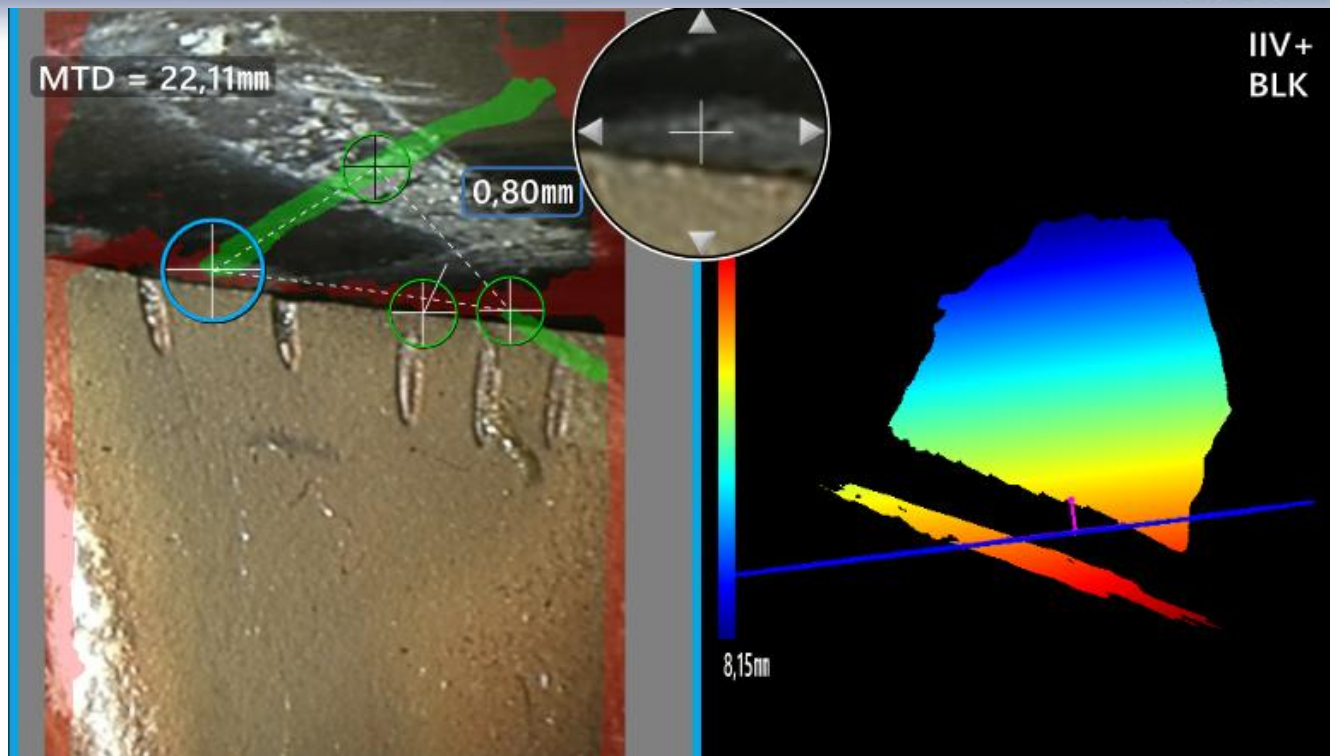
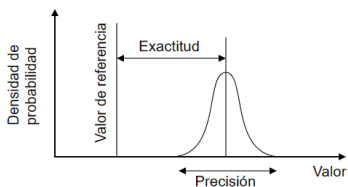
**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**



# 4. Técnicas de Medición 3D Stereo

Stereo Measurement Technology with 3D Point Cloud Visualization

Inspection Manager



- NUVEM DE PONTOS AUMENTA PRECISIÓN Y A EXATIDÃO DO ENSAIO



# 4. Técnicas de Medición 3D PM

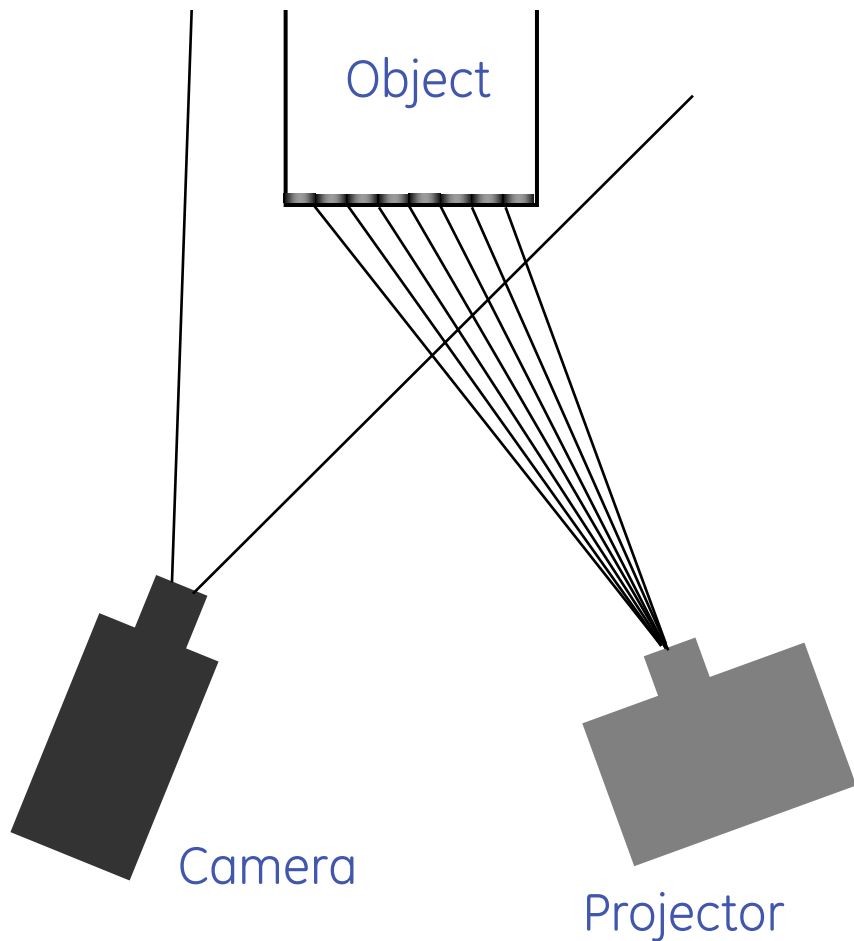
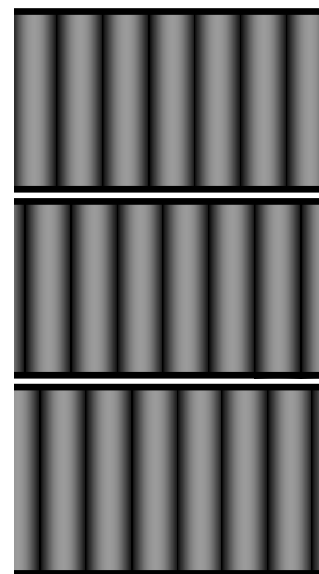


Image 0

Image 1

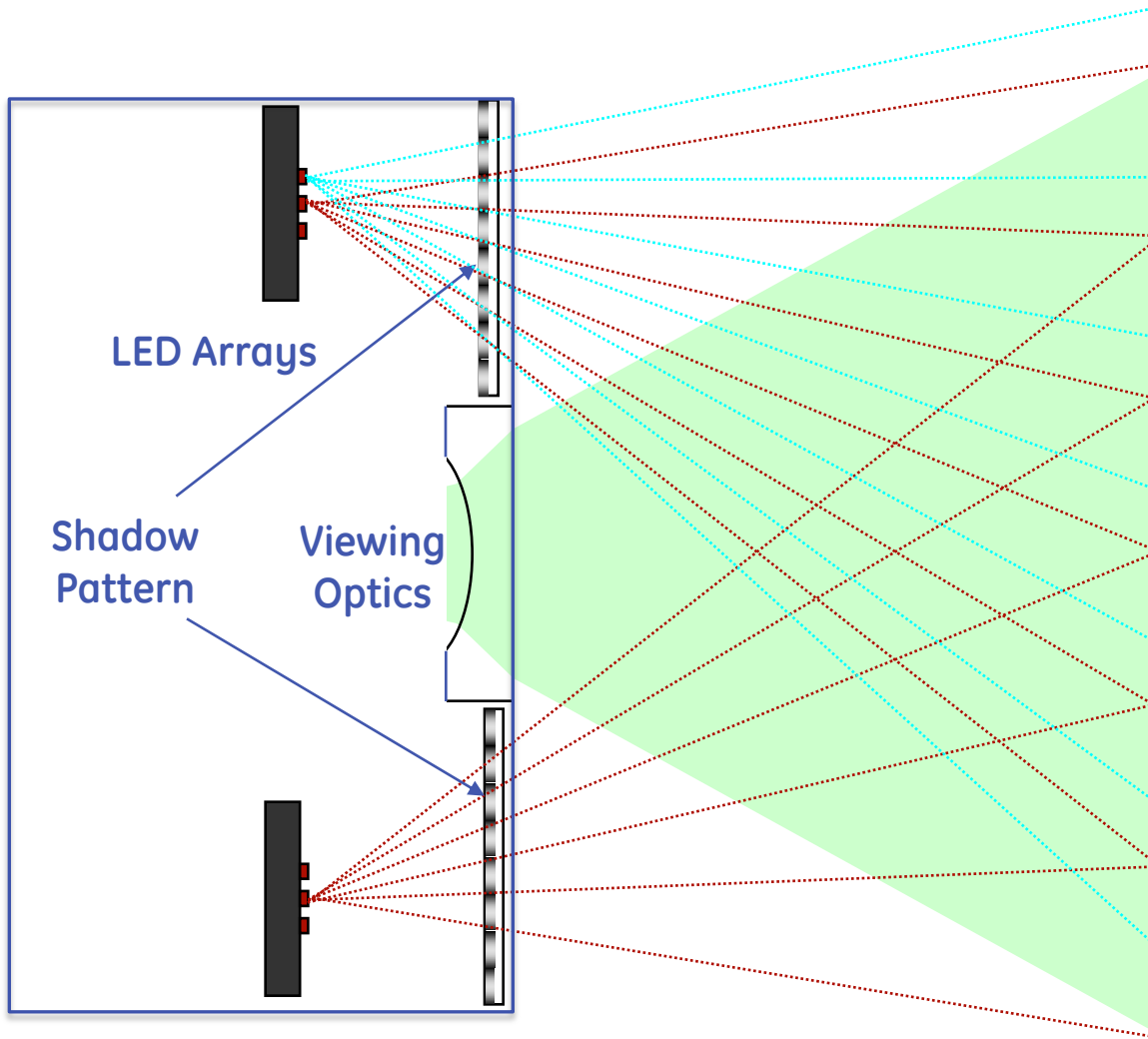
Image 2



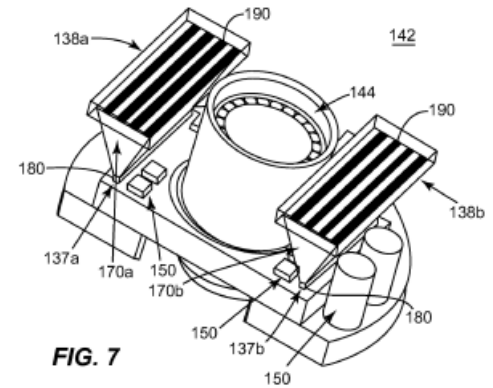
3D PM REDUCE TIEMPO DE INSPECCIÓN

- NUVEM DE PONTOS AUMENTA PRECISIÓN Y A EXATIDÃO DO ENSAIO

# Phase Shifting



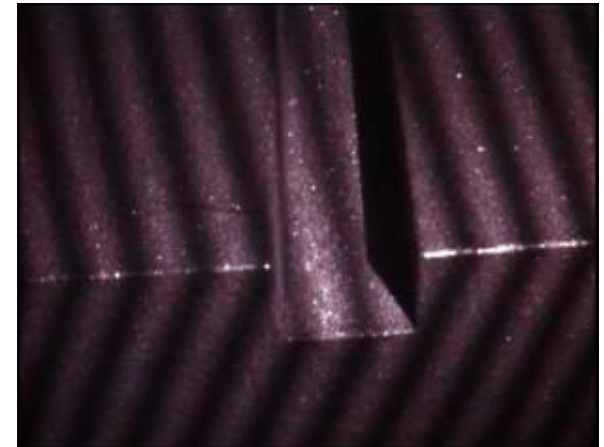
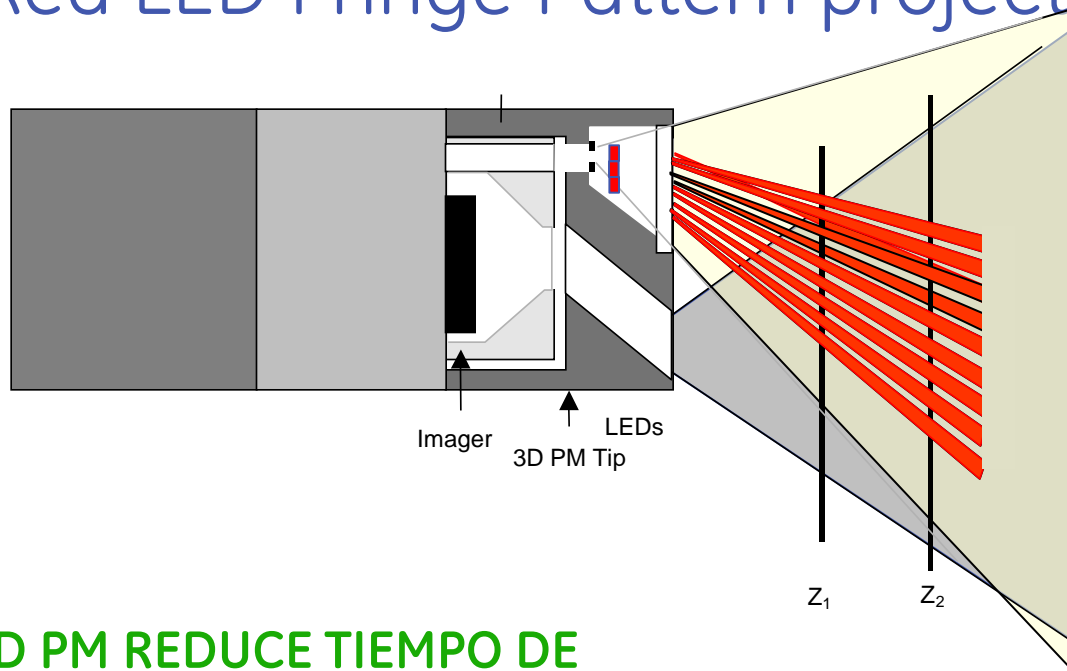
3DPM Forward Tip



# 3D Phase Measurement Technology

## 3D Phase Measurement Technology

Red LED Fringe Pattern projected onto surface

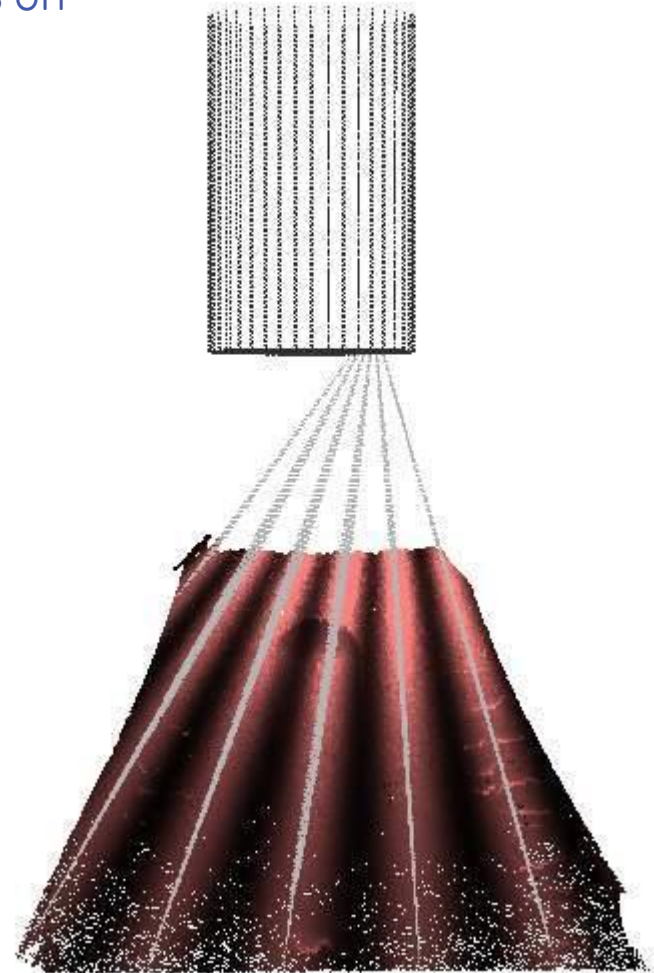


### 3D PM REDUCE TIEMPO DE INSPECCIÓN

- NUVEM DE PONTOS AUMENTA PRECISIÓN Y A EXATIDÃO DO ENSAIO

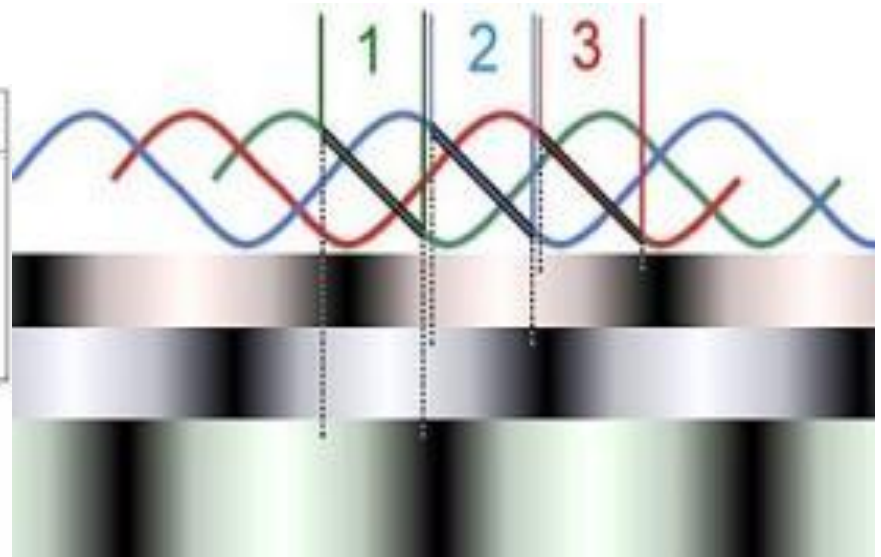
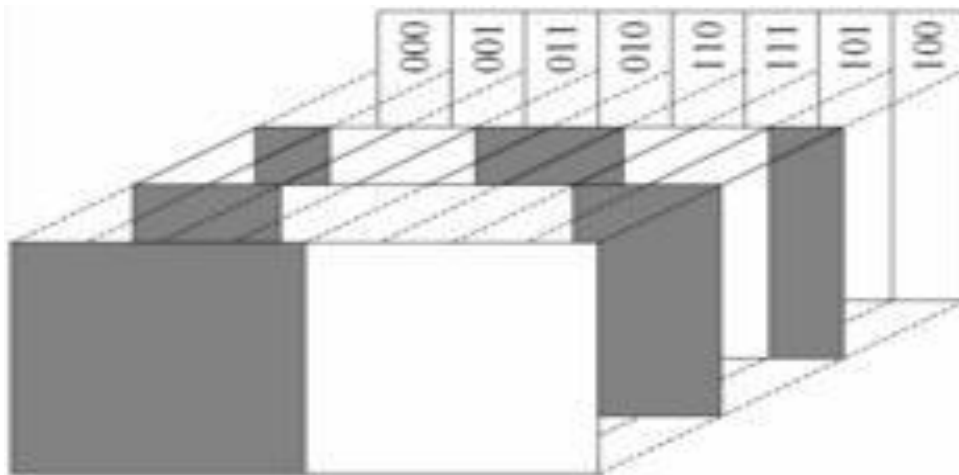
# Optics Configuration

- ❑ Fringe patterns are projected using 2 sets of LEDs on each side of viewing optics.
- ❑ Object distance at each point is computed using pattern trajectories (triangulation) known from calibration.




# Phase Shifting Technology

## Reference

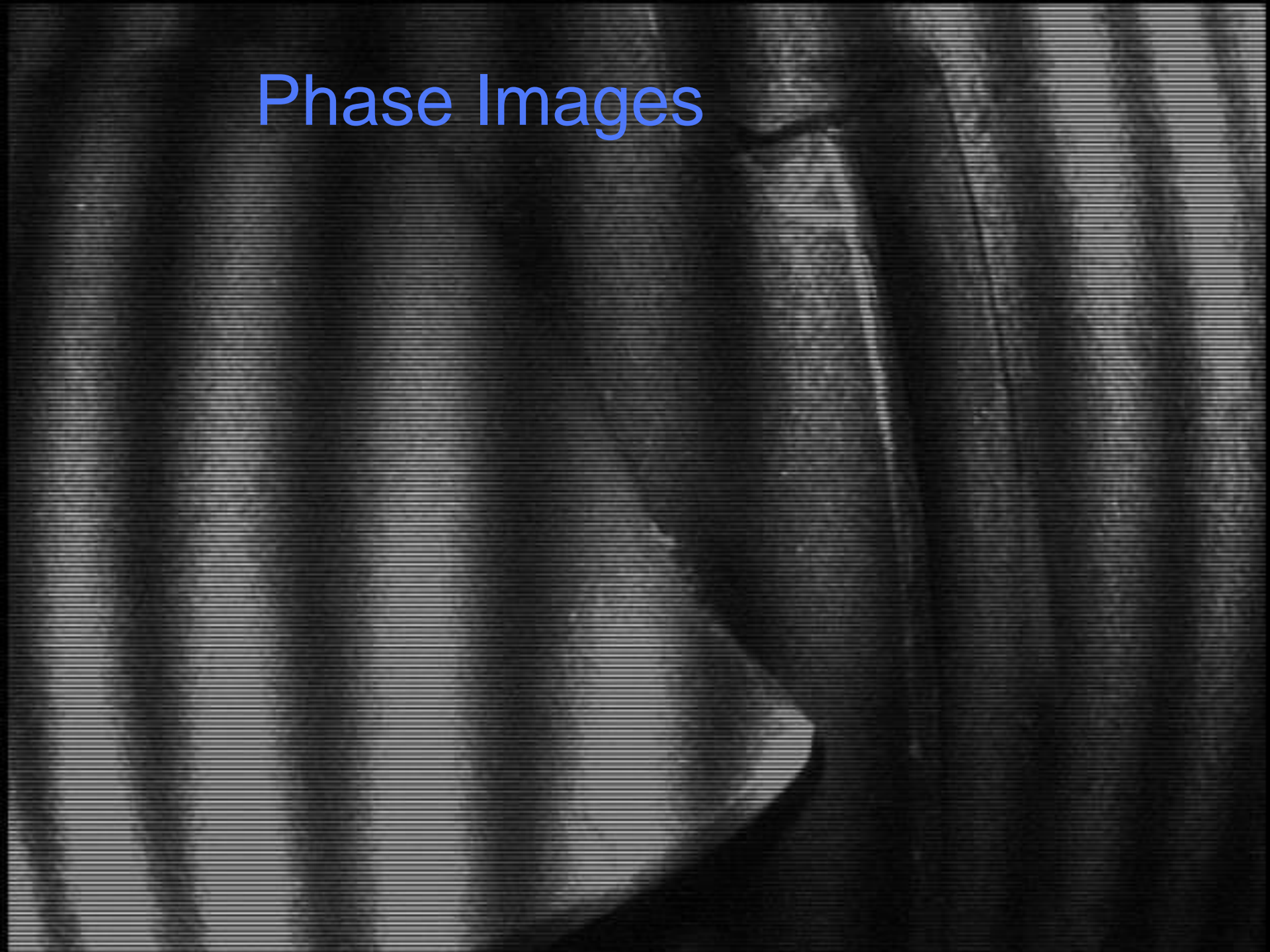




# Phase Images

The image is a grayscale phase image of a circular object. The object is mostly dark, with a bright, curved edge on the right side. The background is dark and textured. The text "Phase Images" is overlaid in the top left corner in a blue, sans-serif font.

# Phase Images



# Phase Images



# Image Capture

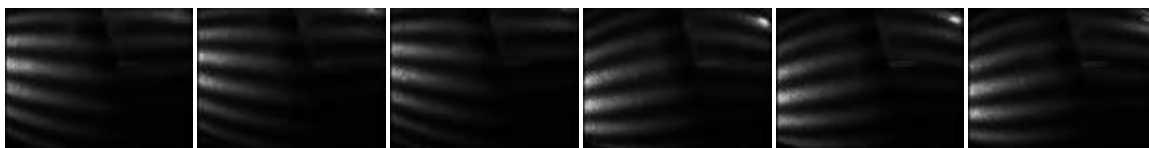
Test Fields



Middle Set x 3



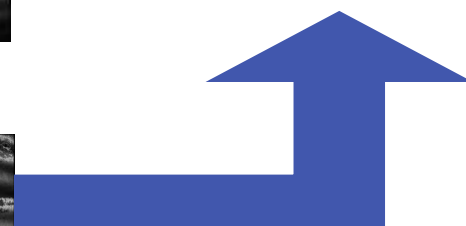
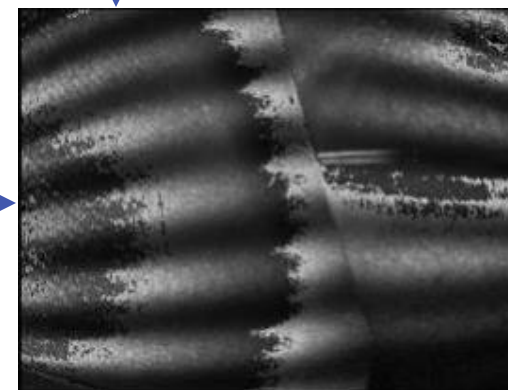
Dark Set x 1



Bright Set x 2



Merged Set



# LO MÁS IMPORTANTE



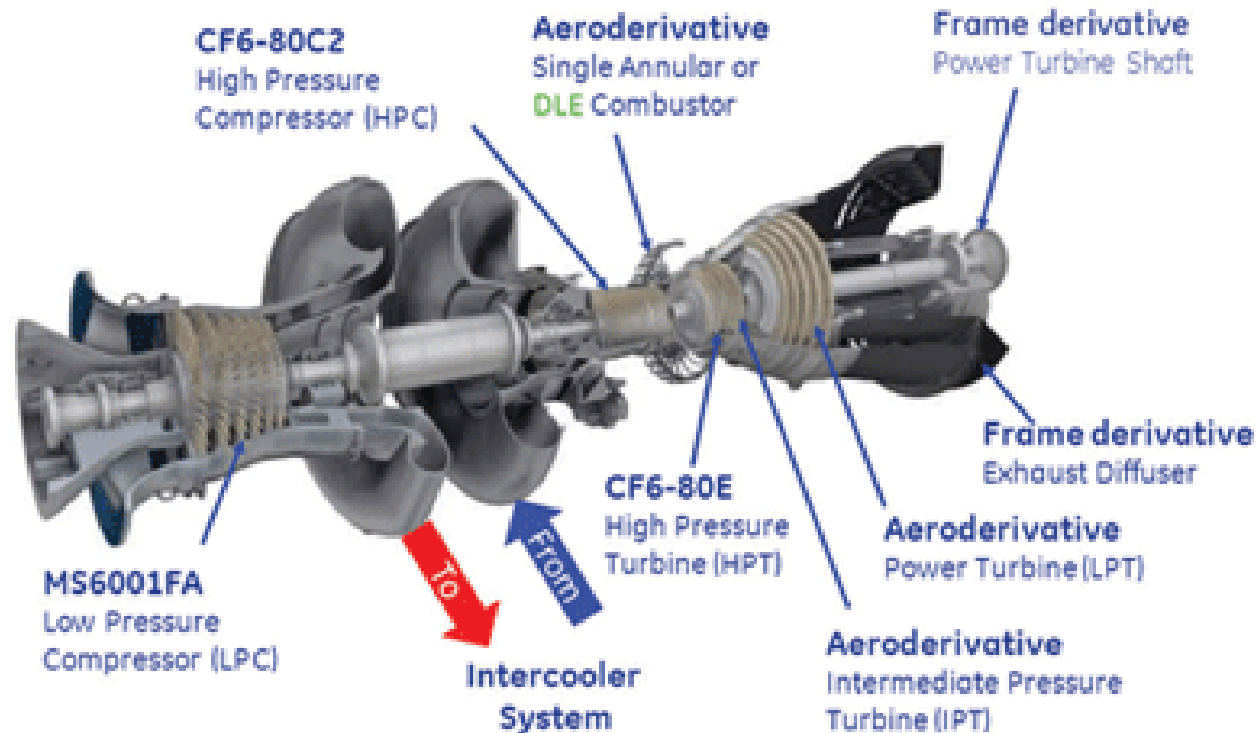
- Decisiones más rápidas y precisas
- Reducción de tiempo de parada de las aeronaves
- Reducción de gastos de mantenimiento innecesarios
- Sin visualización 3D es imposible garantizar precisión y exactitud (Casino)
- Gastos innecesarios con reparación y remoción de motores.
- Dificultad en la toma de decisiones.
- Sin la técnica 3D PM aumento en el tiempo de inspección

**Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**

# LM 100 AERODERIVATIVE



## LMS100 - Integrating proven technologies



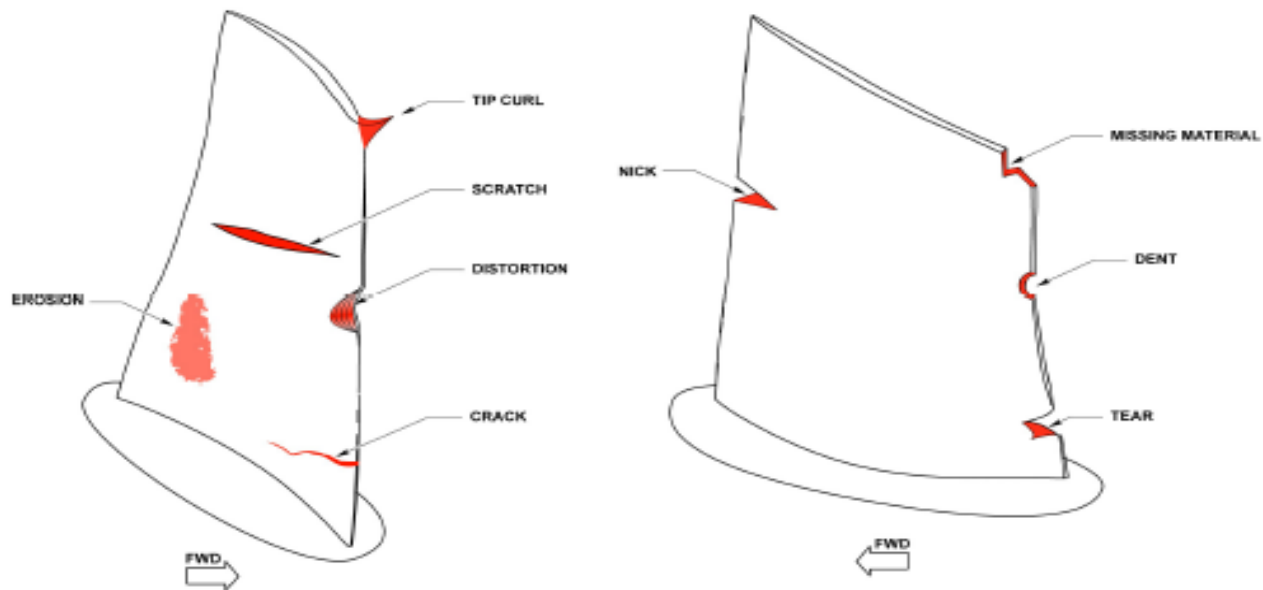
© Copyright 2012 General Electric Company. All Rights Reserved. Subject to restrictions on cover page

3 /

# HPC BLADES POSSIBLE DAMAGES



814-8-72300-05-05-A



***HPC Blades - Possible Damage***

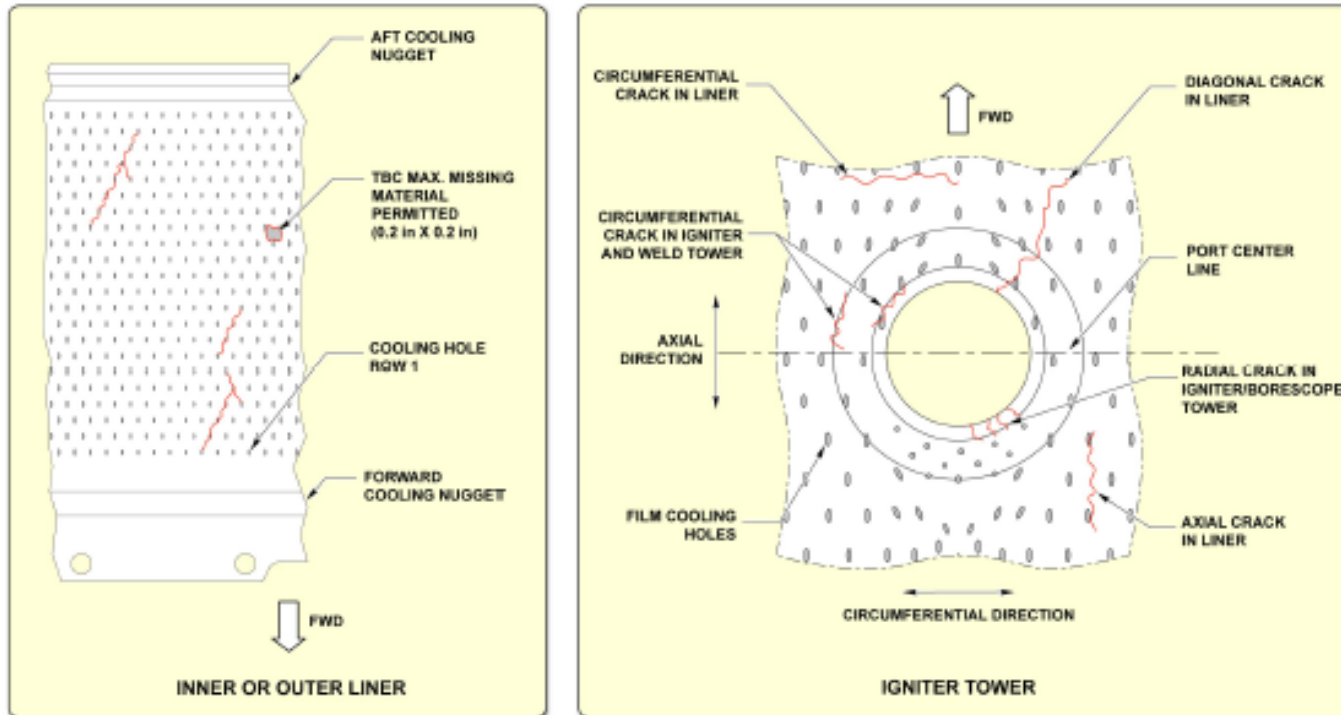
CFM PROPRIETARY

VO

Page 91/102

# COMBUSTION SECTION POSSIBLE DAMAGES

814-8-724000-05-02-A



**Combustion Section - Possible Damage 1/2**

CFM PROPRIETARY

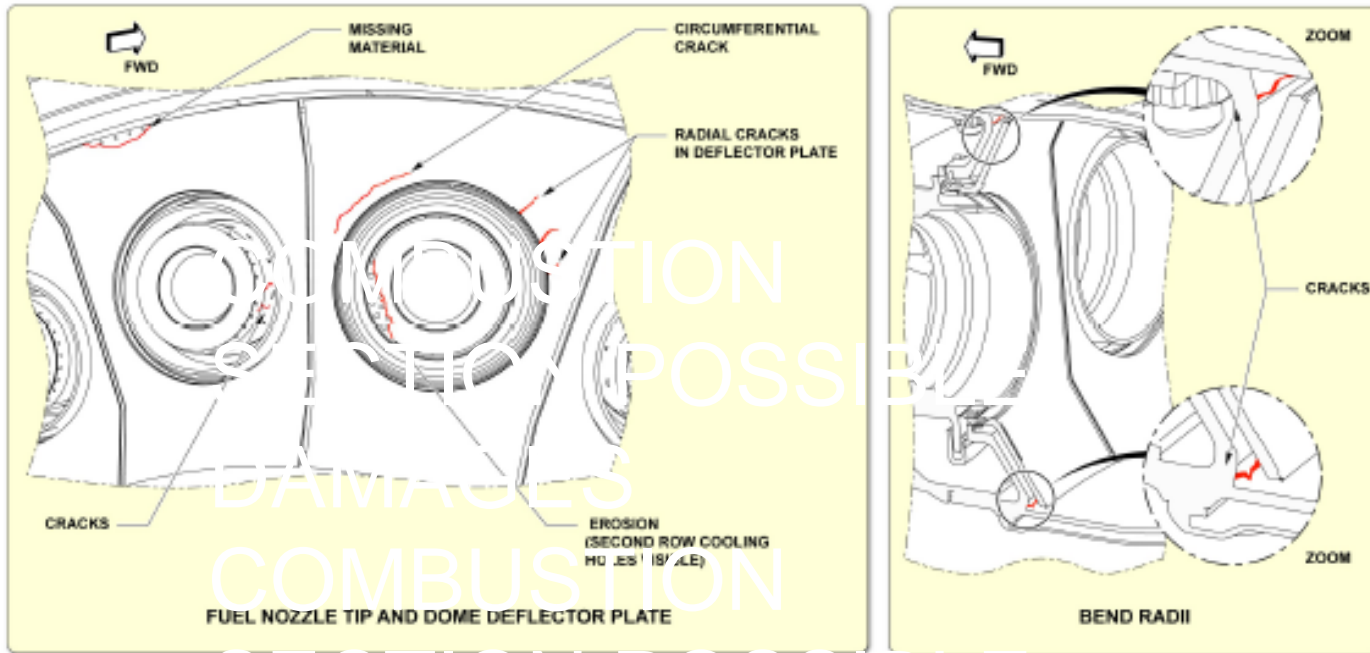
VD

Page 90/102



# COMBUSTION SECTION POSSIBLE DAMAGES

814-8-724000-05-03-A

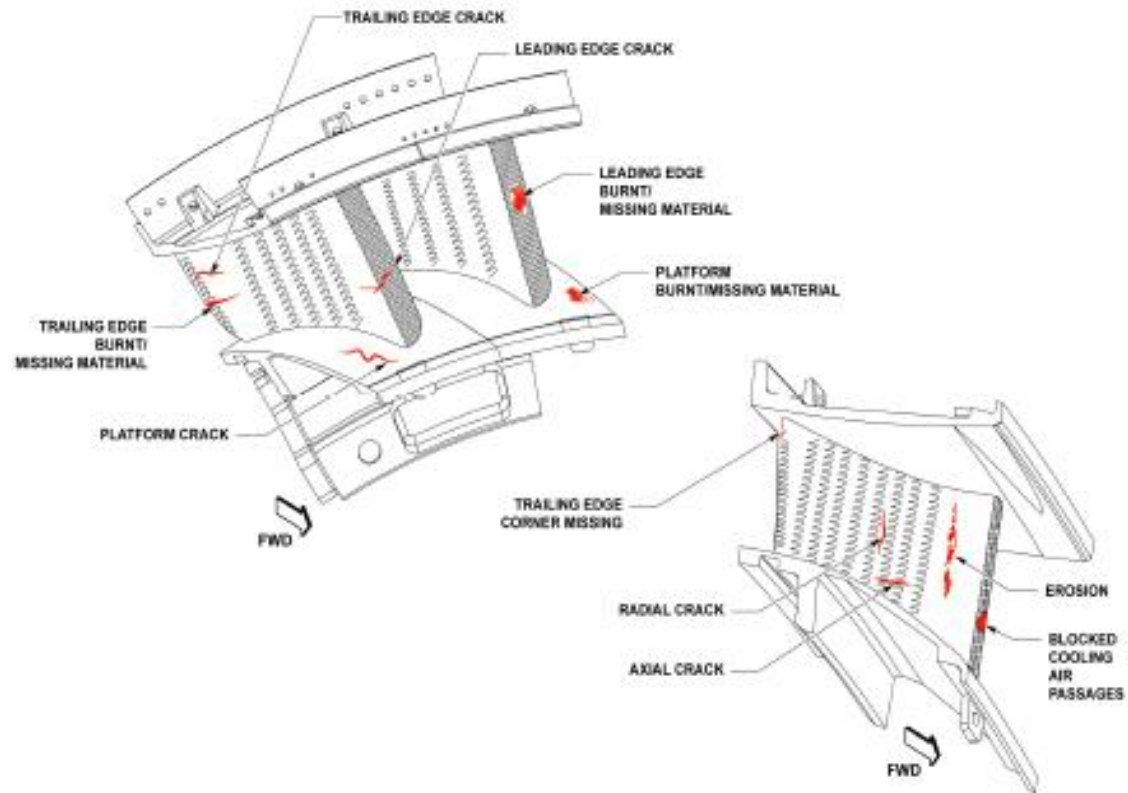


*Combustion Section - Possible Damage 2/2*

CFM PROPRIETARY

V0

Page 101/102

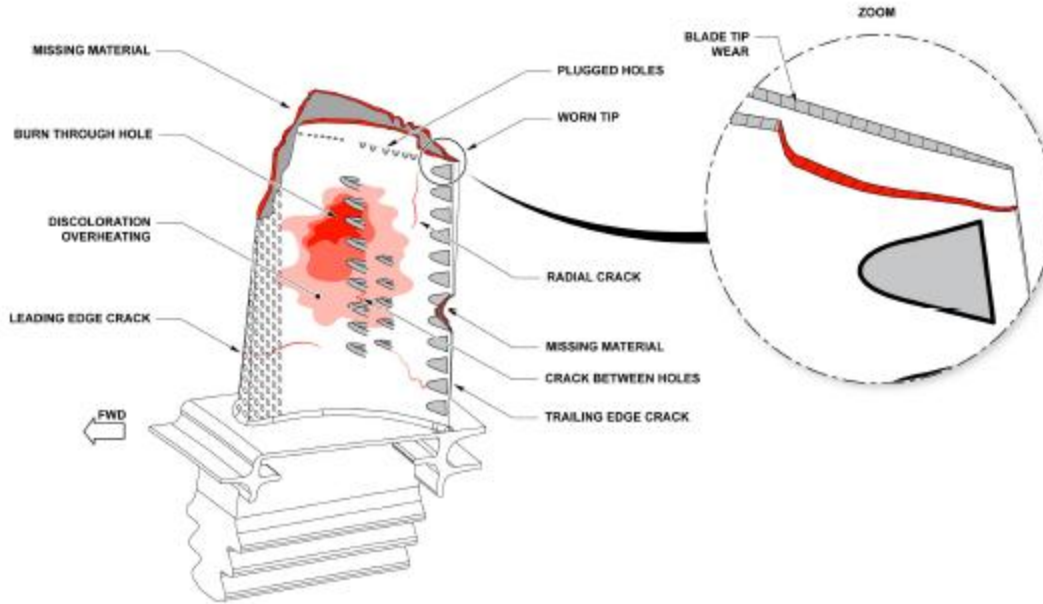


### HPT NGV - Possible Damage

# HPT BLADES POSSIBLE DAMAGES



614-8-72500-05-09-A



**HPT Blades - Possible Damage**

CFM PROPRIETARY

VO

Page 121/192

# 1. Introducción.



<C:\Users\210055950\Downloads\LM100.pdf>

[C:\Users\210055950\Documents\A\\_My Documents\Boroscope\WP 4015 supercore PT inspection.pdf](C:\Users\210055950\Documents\A_My Documents\Boroscope\WP 4015 supercore PT inspection.pdf)

# 1. Introducción.



## Causa de los errores

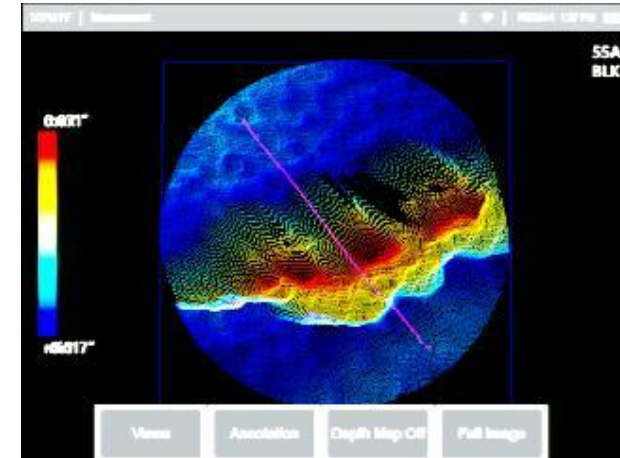
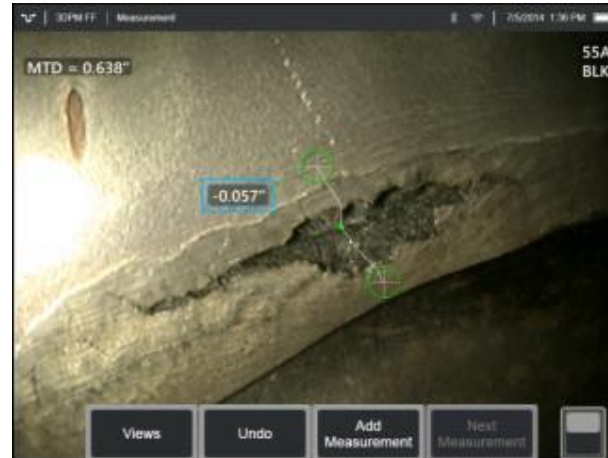
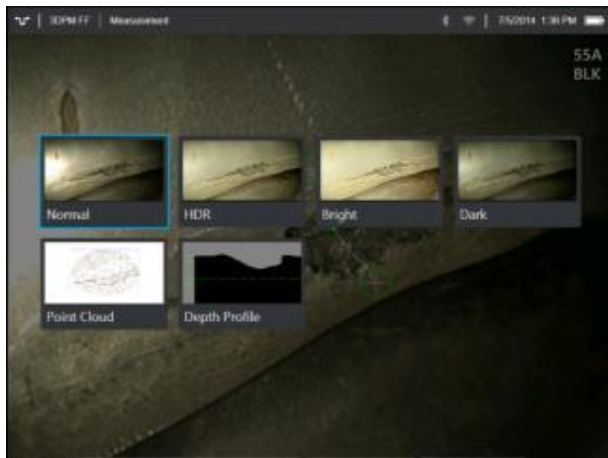
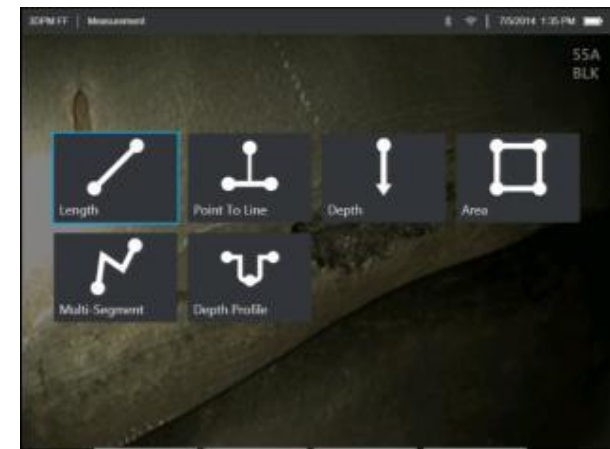
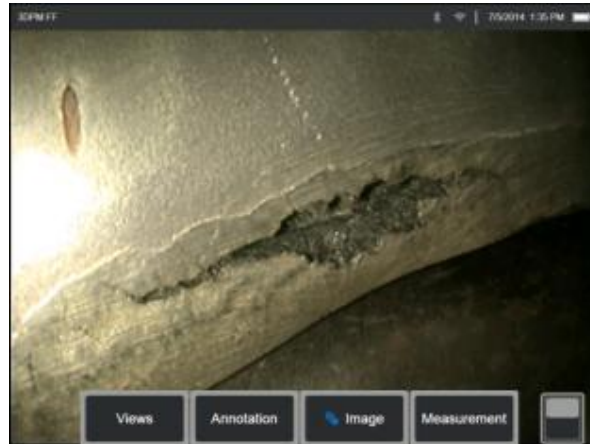
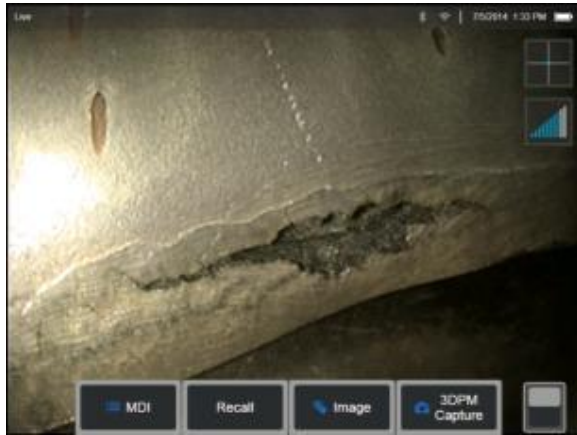


1. Nivel de ruido: Indicaciones como pits, dent y nicks donde los límites aceptables pueden ser menores de 0,003 "(+ - 0,1mm), requieren una medición muy precisa. El inspector puede confundir la medición con ruido.
2. Mayor distancia: al medir profundidad, es importante asegurarse de que la medición se toma en el punto más oscuro.
3. Plan de referencia: La medición precisa de indicaciones como, daños en la punta de blade, tip clearance, dent de raíz y gaps, depende del establecimiento de un plan de referencia preciso.
4. Calidad de los datos: el brillo, las reflexiones y el acabado superficial pueden hacer que las mediciones sean muy difíciles de realizar.
5. **Posicionamiento del cursor: Siempre tiene un resultado pero nunca sabe si es correcto**

# 3D Measurement Measurement Types & 3D Point Cloud Visualization



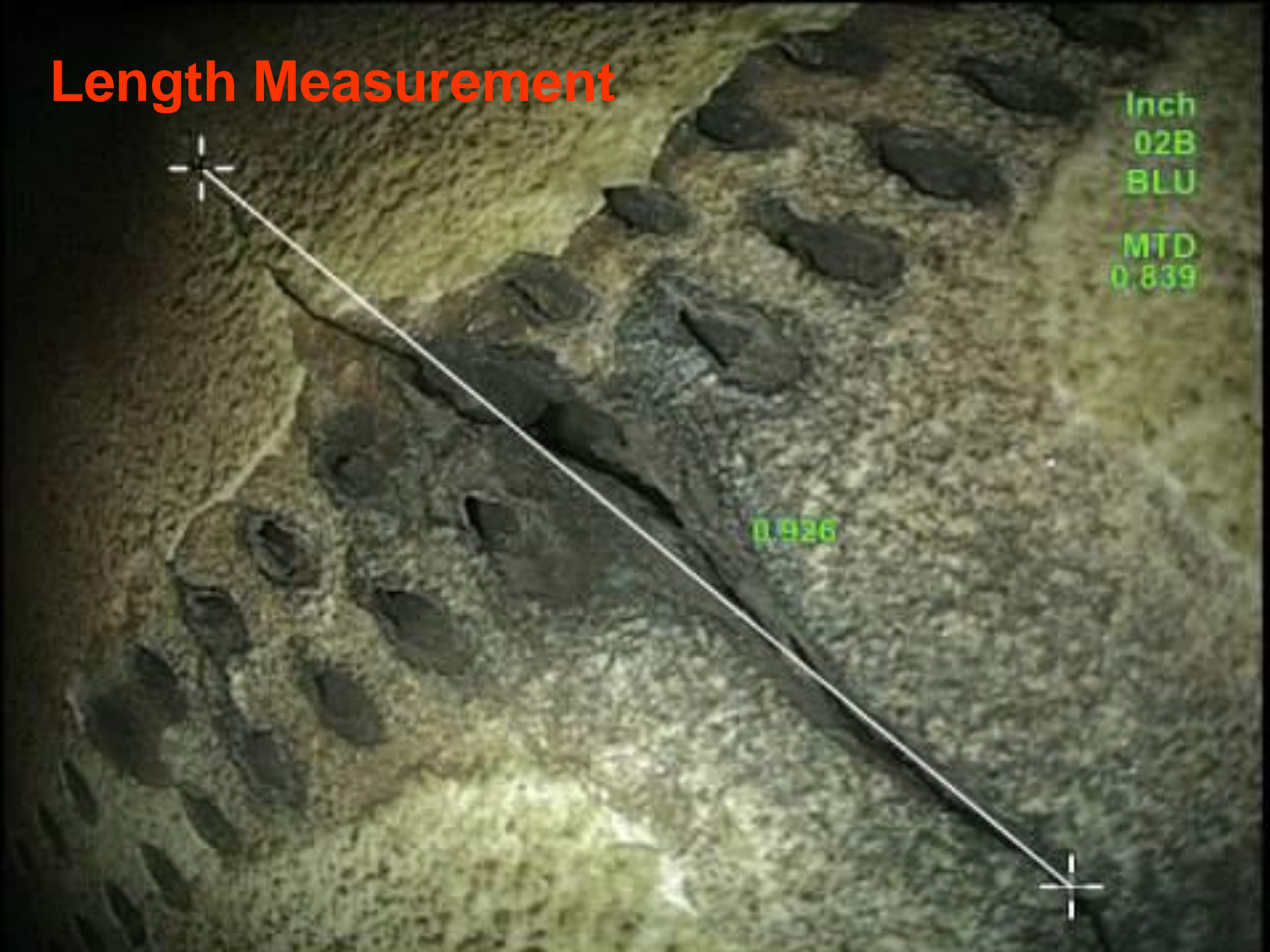
# Measurement



# Length Measurement

Inch  
02B  
BLU  
MTD  
0.839

0.926

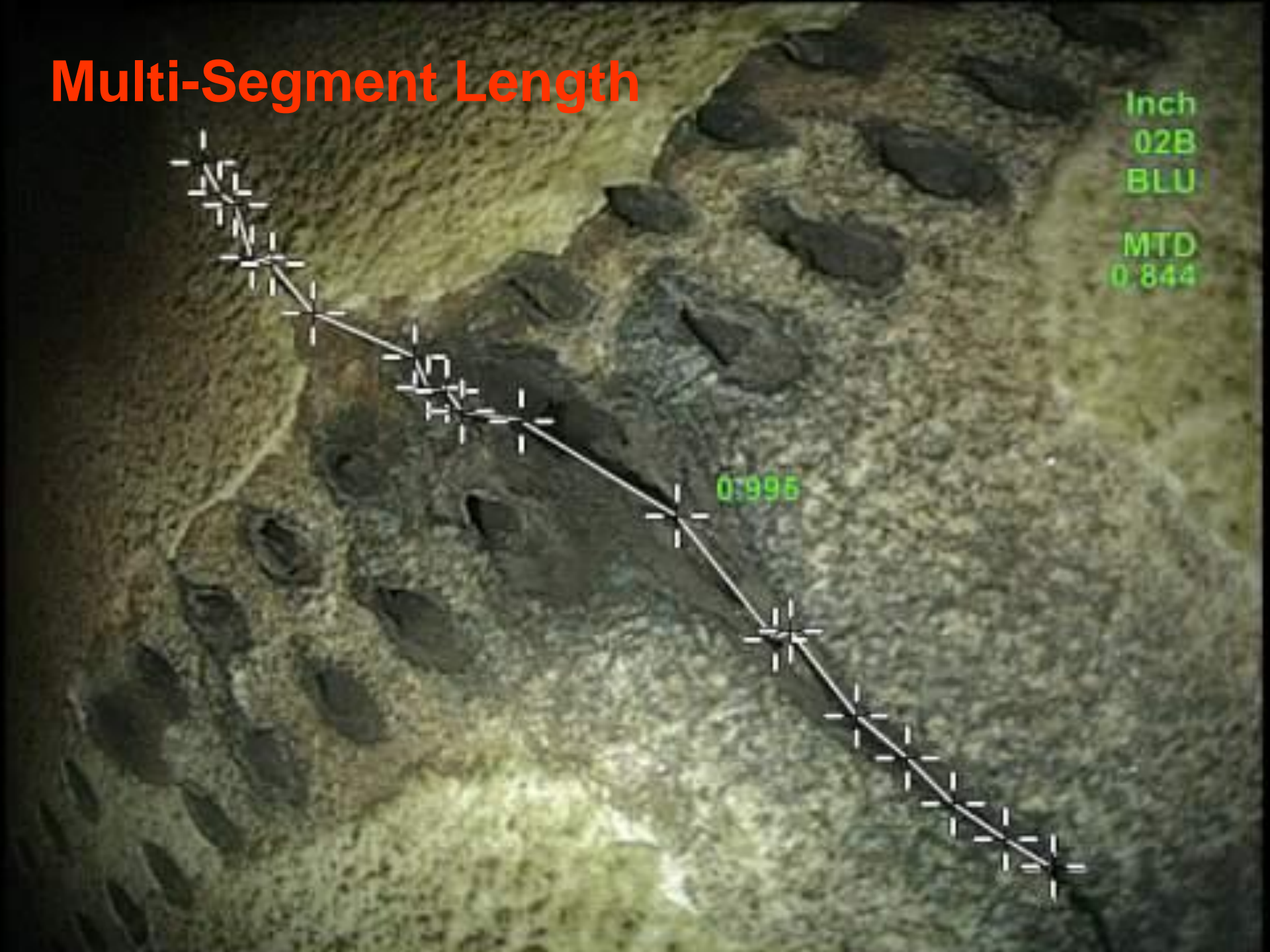




# Multi-Segment Length

Inch  
02B  
BLU  
MTD  
0.844

0.996



Area

SQ Inch  
011  
BLU

MTD  
0.591

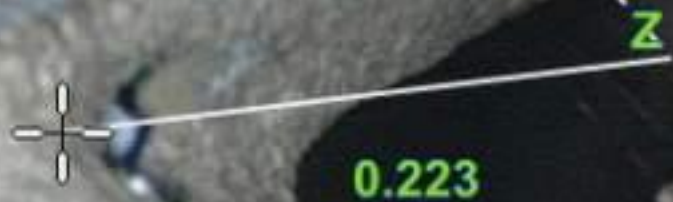
0.0684



# Point to Line

Inch  
03C  
BLK

MTD  
0.533

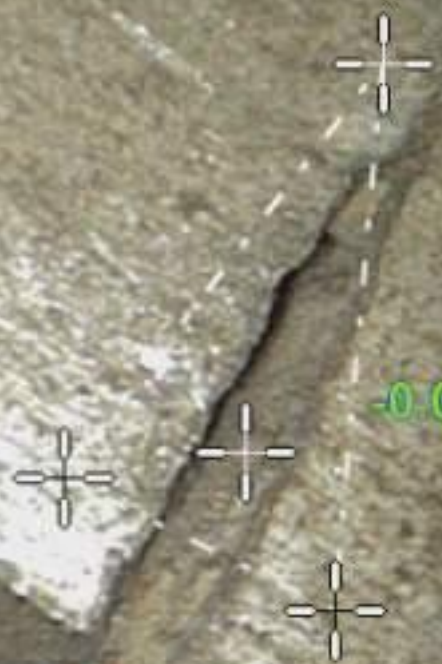


Z = 0.196

Depth

Inch  
019  
WHT  
MTD  
0.349

-0.014



# Depth on Plane - for Blade Clearance

Inch  
043  
BLK  
MTD  
0.444

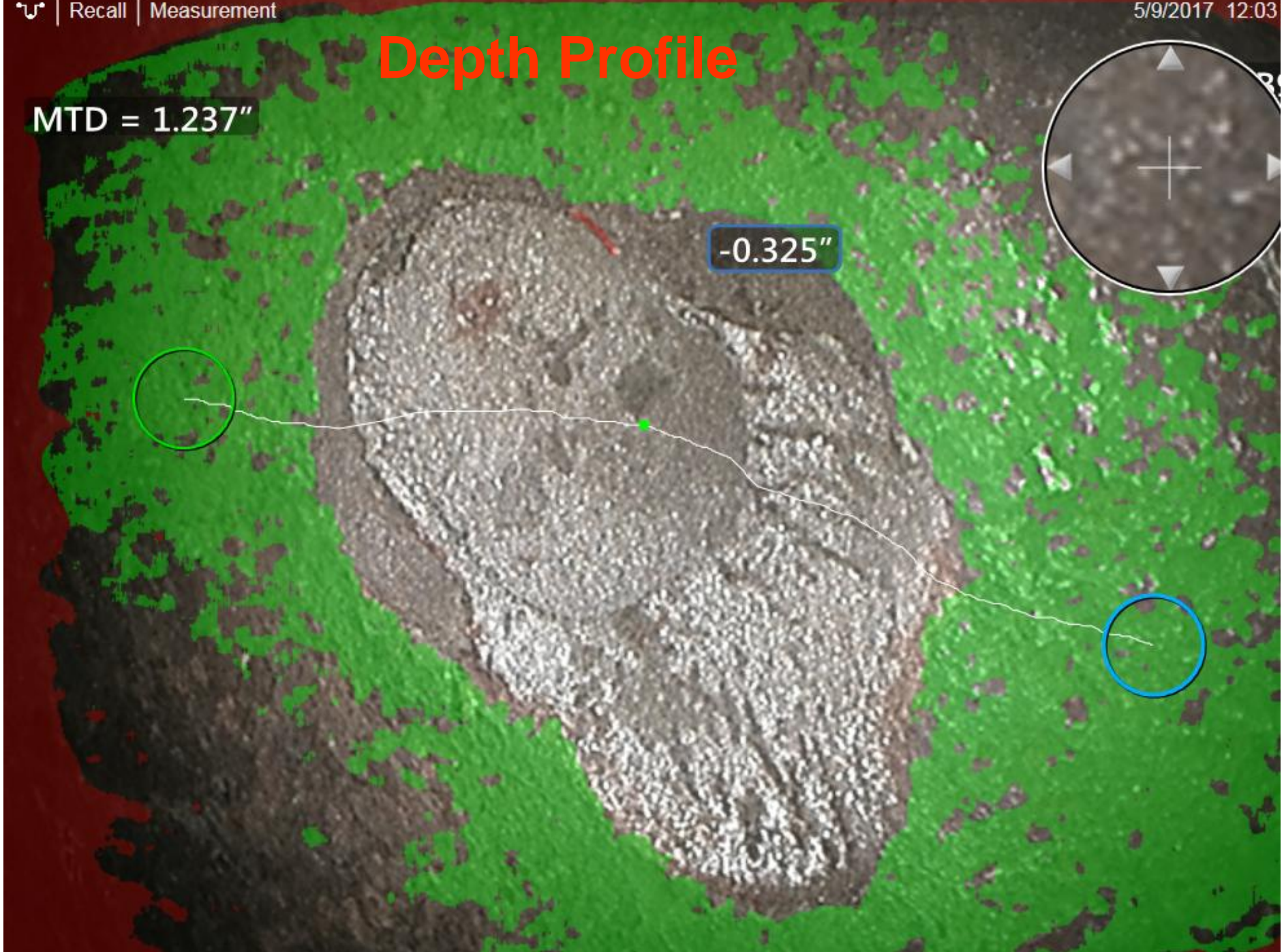
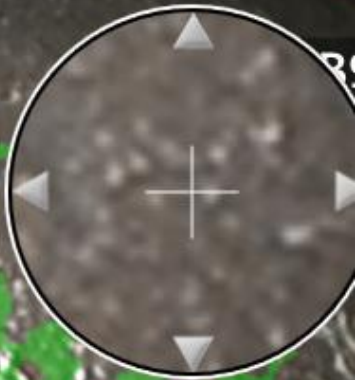


0.039

# Depth Profile

MTD = 1.237"

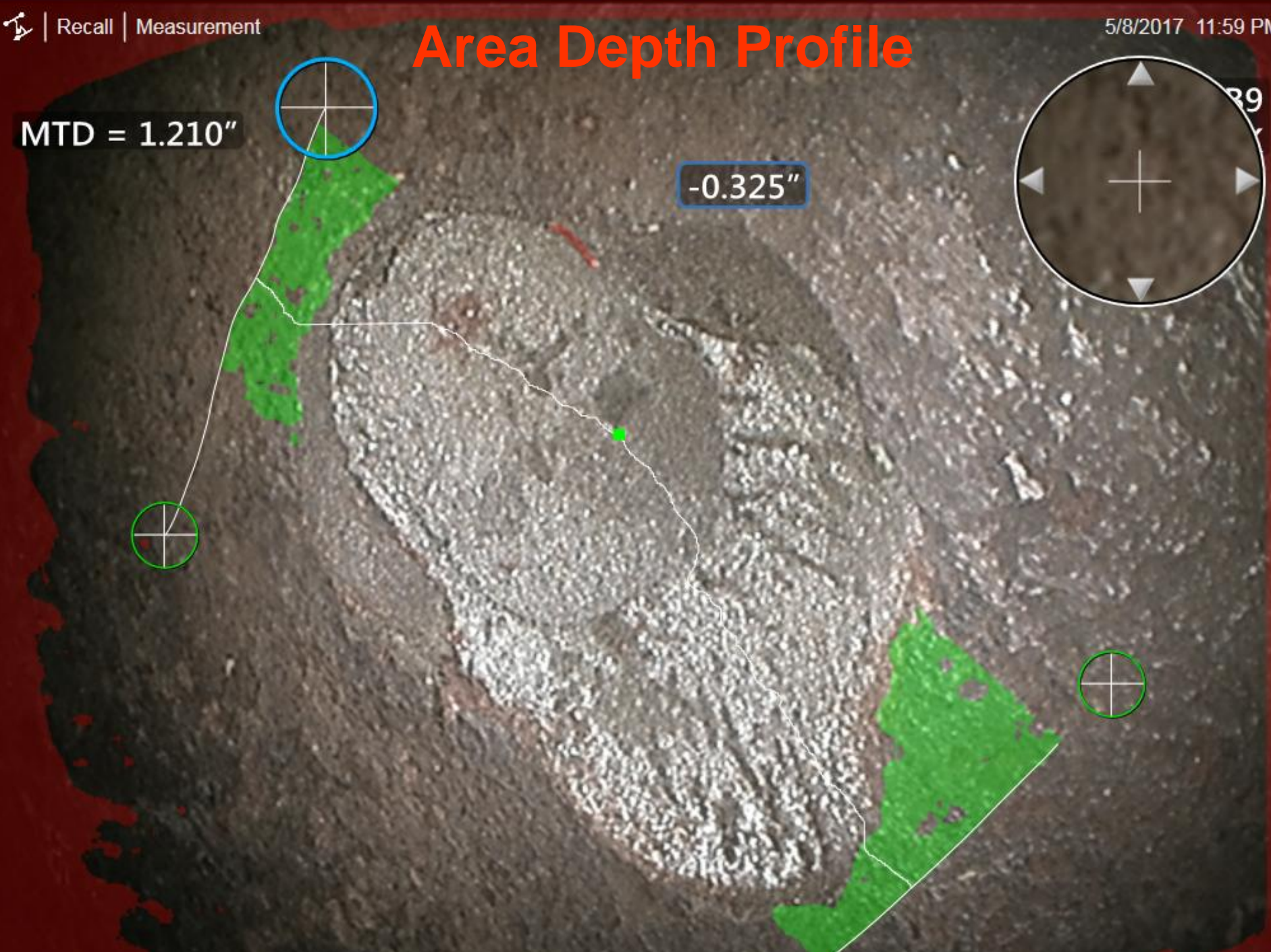
-0.325"



# Area Depth Profile

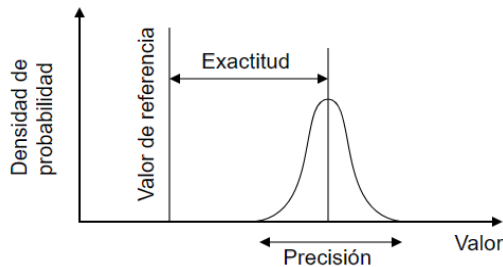
MTD = 1.210"

-0.325"

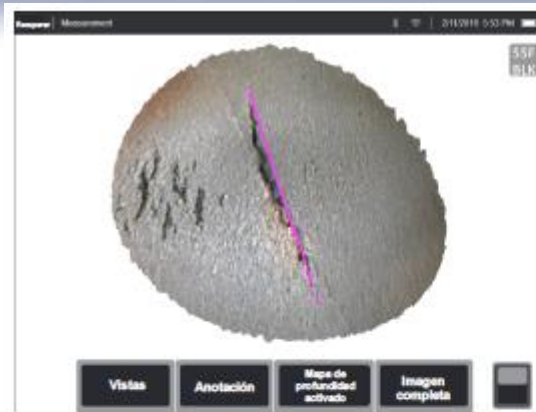
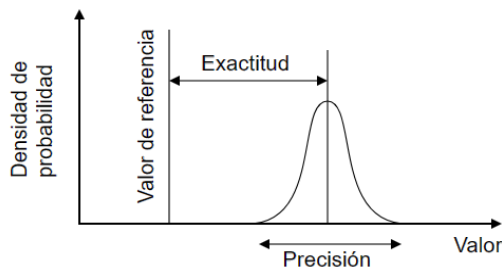


# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Longitud



## Inspection Manager



Mide la longitud de la línea recta entre dos puntos cursores seleccionados.



### Ejemplos de aplicaciones:

- Medición sencilla de elementos objeto y de componentes
- Medición de la longitud de indicios (p. ej., grietas)
- Medición de los cambios en las dimensiones de componentes debidos a la expansión o a la erosión, corrosión o desgaste
- Determinación del tamaño remanente de indicadores de desgaste
- Medición de la ubicación/zona de indicios en componentes

### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

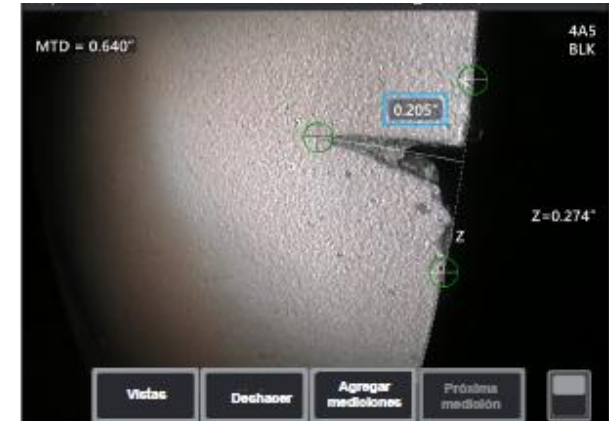
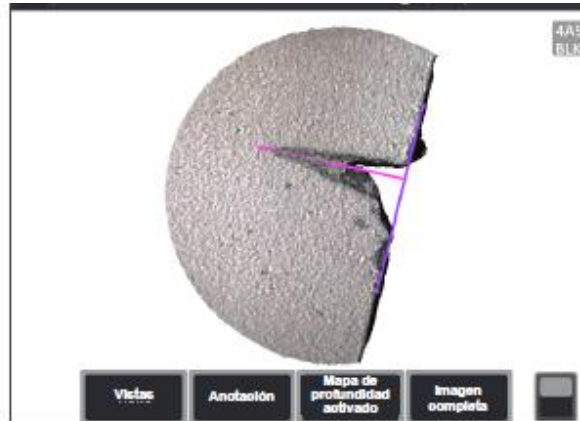
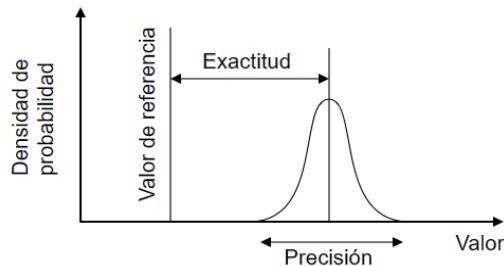
- Las mediciones del tipo longitud son mediciones de líneas rectas. No son adecuadas para medir distancias a lo largo de superficies curvas.
- Estudie la vista 3D de nube de puntos a fin de asegurarse de la correcta posición de los puntos cursores. Las mediciones en diagonal y con desviación angular inducirán errores.
- Acerque la punta para que en la zona objetivo ocupe al máximo posible la pantalla, sin sacar de foco las zonas de los puntos cursores.
- Esté atento a indicadores instructivos de color naranja, a fin de asegurarse de que la distancia de medición se encuentre dentro del intervalo de confianza.
- En las mediciones 3D, tanto las de fase como las estereoscópicas, es importante partir de una imagen nítida de modo que se pueda posicionar los puntos cursores con exactitud sobre el indicio.
- Utilice un plano de medición cuando haya zonas rojas que impidan el correcto posicionamiento de los puntos cursores, y también cuando el ruido en los datos 3D pudiera afectar el resultado. Vea la sección "Plano de medición" para más información.



# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Punto a línea

Inspection Manager



Mide la distancia perpendicular entre una línea (definida por dos puntos) y un tercer punto.

### Ejemplos de aplicaciones:

- Daños en bordes de álabes de turbinas
- Medición aproximada de superficies de esquinas faltantes, con el uso de múltiples mediciones de este tipo
- Anchura de separaciones, ranuras y rebordes
- Anchura de soldaduras

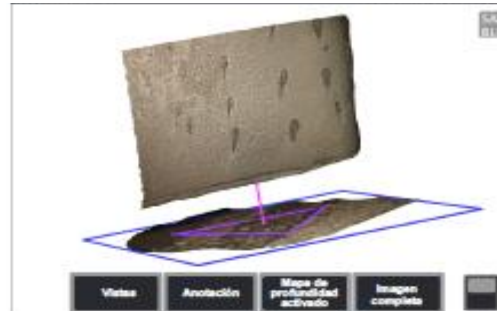
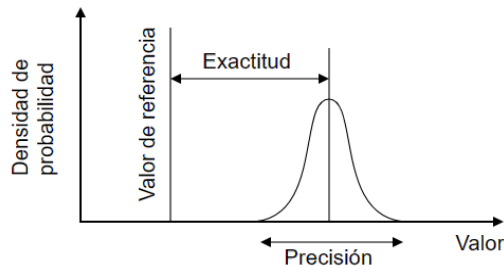
### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

- Estudie la vista 3D de nube de puntos a fin de asegurarse de la correcta posición de los puntos cursores.
- Estudie la nube de puntos para verificar que la línea de referencia no esté inclinada con respecto al borde de referencia de la pieza. Lo anterior es particularmente importante cuando ambos puntos cursores de la línea de referencia están en el mismo lado y en dirección contraria al tercer punto.
- Estudie también la nube de puntos a fin de asegurarse de que la distancia medida no esté en diagonal (lo que arrojaría valores más altos).
- Utilice un plano de medición cuando haya zonas rojas que impidan el correcto posicionamiento de los puntos cursores, y también cuando el ruido en los datos 3D pudiera afectar el resultado. Vea la sección "Plano de medición" para más información.

# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Profundidad

### Inspection Manager



Indica la distancia medida desde un plano de referencia (definida por tres puntos seleccionados) a un cuarto punto, por encima o por debajo de dicho plano.

#### Ejemplos de aplicaciones:

- Separación entre puntas de ejes y carcassas
- Cavidades y muescas producidas por corrosión, erosión o por el impacto de objetos FOD
- Diámetros interiores de tubos
- Altura de soldaduras
- Oscilación de ejes fijos de estatores
- Anchura de separaciones

#### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

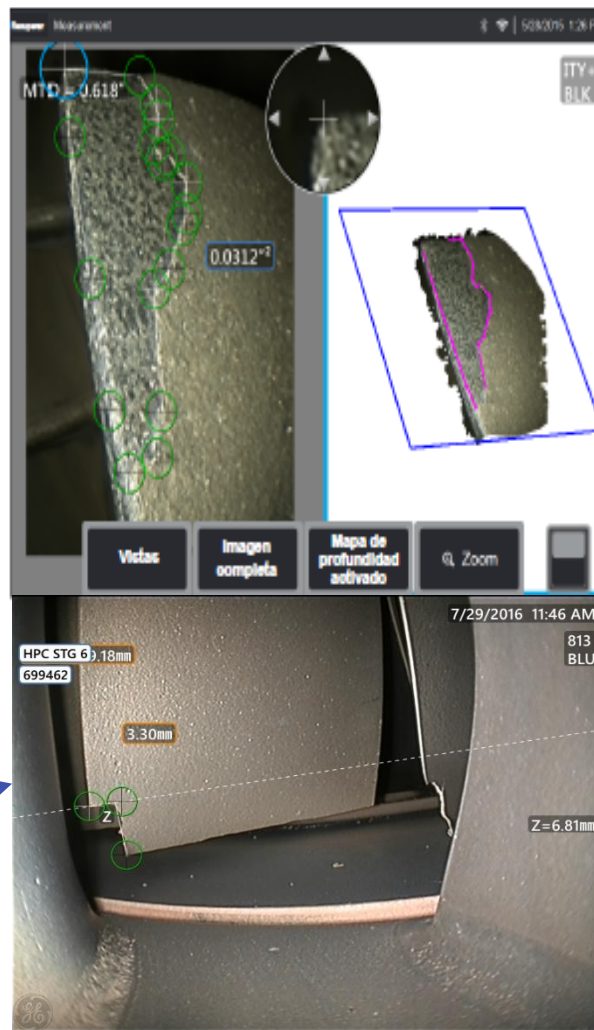
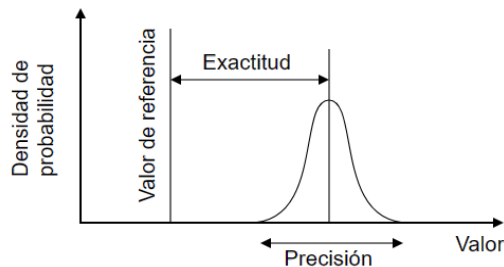
- La punta de medición debe estar tan cerca como sea posible del inicio.
- Al hacer mediciones 3D de fase de la profundidad de elementos objeto, las vistas no perpendiculares producen los mejores resultados, especialmente al medir piezas de superficie brillante.
- La cubierta superficial de color verde, que se hace visible cuando está activo un punto cursor del plano de referencia, incorpora las posiciones de los puntos cursores hasta maximizar la extensión superficial de la cubierta verde sobre la superficie de referencia. También se puede utilizar la vista 3D de nube de puntos para verificar que el plano de referencia, señalado por un rectángulo azul, esté alineado con exactitud respecto a la superficie de referencia.
- Luego de posicionar el tercer punto cursor, la función Depth Assist (asistente de profundidad) a menudo posiciona automáticamente el cuarto en el lugar más profundo, en el lugar más alto o en un borde próximo de eje. Inspeccione la posición del punto posicionado automáticamente, y haga los ajustes que sean necesarios.
- En la vista de nube de puntos, habilite la modalidad de mapa de profundidades para tener una mejor visualización de los contornos en la superficie, y asegurarse de que la medición se haga hasta el punto deseado (a menudo el más alto o el más profundo del inicio), y de que el indicio se destaque claramente respecto al ruido en los datos 3D.
- La línea proyectada desde el punto de medición de la altura/ profundidad debe finalizar en un lugar que esté próximo o dentro del triángulo formado por los puntos cursores que definen el plano de referencia, a efectos de reducir al mínimo las inexactitudes debidas a la inclinación del plano.
- Si se debe medir hasta un punto muy por fuera del triángulo de referencia existente, aumente el tamaño del triángulo a fin de compensar (esto es válido sólo en el caso de superficies planas, no de superficies curvas).
- Utilice un plano de medición al medir separaciones entre puntas de ejes y carcassas cuando haya zonas rojas a lo largo del borde del eje que impidan el posicionamiento deseable del cuarto punto, y también cuando el ruido en los datos 3D pudiera afectar el resultado. Vea la sección "Plano de medición" para más información.



# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Superficie

### Inspection Manager



Mide zonas planas de superficies, mediante el silueteado del indicio objetivo con varios puntos cursores.

#### Ejemplos de aplicaciones:

- Esquinas faltantes de álabes, con el uso de un plano de medición
- Pérdida de revestimientos
- Extensión superficial de daños por picadura y por corrosión
- Daños por impactos de objetos FOD

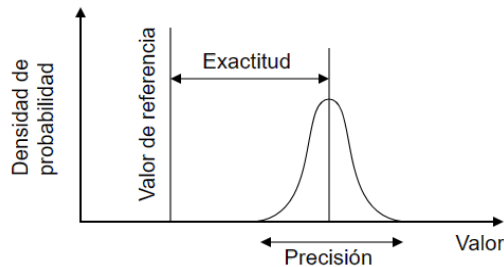
#### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

- Estudie la nube de puntos a fin de asegurarse de la correcta posición de los puntos cursores.
- Al hacer mediciones de superficies curvas, reduzca el error al dividir la zona en varias sub-zonas más pequeñas y después combine los resultados.
- Utilice mediciones del tipo superficie con un plano de medición para medir extensiones superficiales y longitudes de esquinas faltantes de álabes. Vea la sección "Plano de medición" para más información.

# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Línea de varios segmentos

Inspection Manager



## Angulo



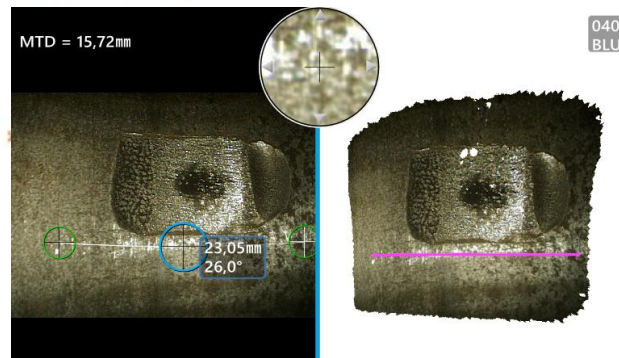
Mide la longitud total de una línea curva o irregular que sigue el recorrido del indicio que se desea medir, con el uso de múltiples puntos cursores. Cuando se utilizan tres puntos cursores, también se obtiene el ángulo 3D entre los segmentos de la línea.

### Ejemplos de aplicaciones:

- Longitud total del recorrido de grietas intrincadas
- Longitud total a lo largo de superficies curvas
- Se utilizan tres puntos cursores para medir el ángulo entre el borde de un álabe de turbina y un indicio o una zona de contorno alisado

### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

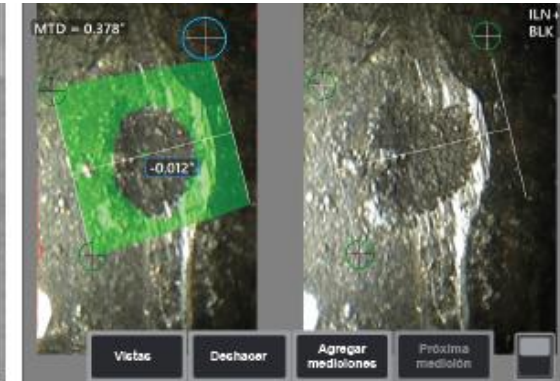
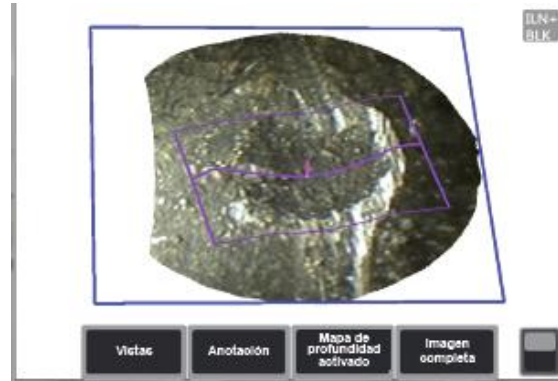
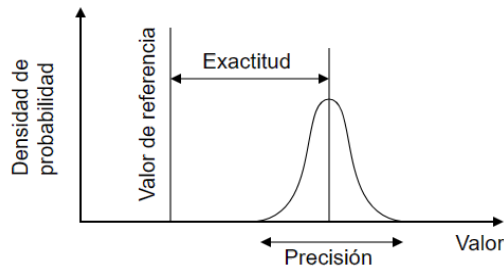
- Estudie la nube de puntos a fin de asegurarse de la correcta posición de los puntos cursores.
- Separe al máximo posible los puntos cursores a la vez que sigue el recorrido del indicio, a fin de reducir al mínimo el efecto del ruido en los datos 3D sobre los resultados
- Si se va a medir un ángulo (sólo en el caso de líneas de varios segmentos definidos por tres puntos cursores) a lo largo de un borde, el uso de un plano de medición podría mejorar la exactitud.



# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Perfil de profundidades de zona y Perfil de profundidades

Inspection Manager



Hace un barrido de captura de secciones transversales de perfil de profundidades, en una zona cuya superficie se define mediante tres puntos cursores, y arroja como resultado la sección que tenga el punto más alto o el más profundo.

### Ejemplos de aplicaciones:

- Daños por corrosión, erosión y picadura
- Daños por impactos de objetos FOD
- Altura máxima de soldaduras, incluyendo las soldaduras orbitales
- Profundidad máxima de ranuras y rebordes de desgaste

### Mejores prácticas para el mejoramiento de la exactitud de las mediciones:

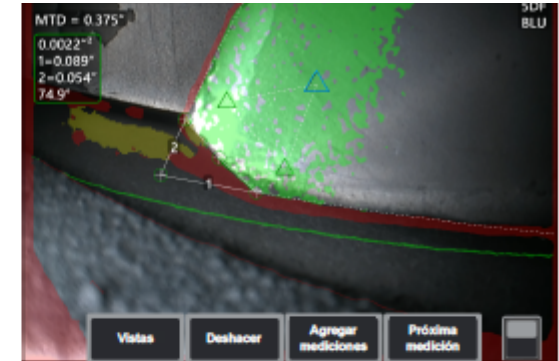
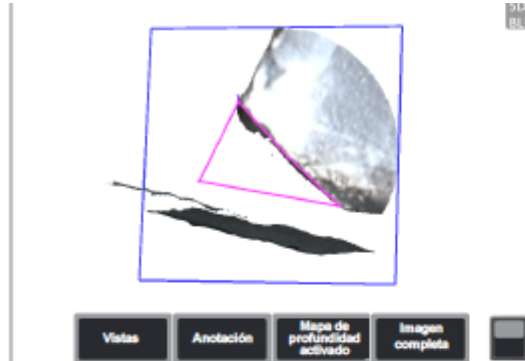
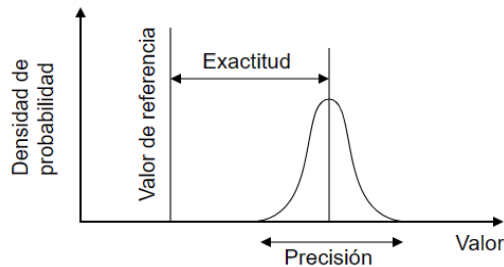
- Coloque la punta de medición tan cerca como sea posible del indicio.
- Establezca como superficie de referencia una zona plana o cuya curvatura sólo ocurra en una dirección, por ejemplo, secciones rectas de tubos. No haga mediciones basadas en superficies de referencia de curvaturas intrincadas, tales como codos de tubería y encastres de álabes de turbinas (ya sea en el borde de ataque o en el de salida).
- Al hacer mediciones en superficies curvas, posicione los puntos cursores en forma tal que las líneas del perfil de referencia sean también curvas. Si no está seguro de la orientación correcta, practique en una pieza de ensayo que tenga la misma forma. Cuando los puntos cursores están posicionados correctamente se debe obtener resultados próximos a cero, y la mayor parte de la superficie se debe mostrar con una cubierta superficial de color verde. Vea las imágenes a continuación.

- La cubierta superficial de color verde, que se hace visible cuando se desplaza algún punto cursor, incorpora los puntos que están muy próximos a los planos de referencia de las secciones transversales de perfil de profundidades. Si sólo se observa una línea delgada de color verde próxima a cada una de las dos líneas de referencia de la superficie curva, probablemente el posicionamiento de las líneas no sea el correcto. Vea las imágenes a continuación.
- Las líneas de referencia siguen la curvatura de la superficie, y se utilizan para determinar los planos de referencia de las secciones transversales de perfil de profundidades. Posicione los puntos cursores en forma tal que las líneas de referencia se encuentren completamente sobre la superficie de referencia.
- Se puede utilizar la vista 3D de nube de puntos para verificar que el plano de referencia de la sección transversal dada como resultado, señalado por un rectángulo azul, esté alineado con exactitud respecto a la superficie de referencia en la ubicación de la sección transversal dada como resultado.
- Los dos primeros puntos cursores definen la primera línea de referencia. El tercer punto cursor establece la distancia entre la primera y la segunda línea de referencia. El sistema determina los extremos de la segunda línea de referencia, de modo que coincida con la curvatura de la superficie o a lo largo de la primera línea. Si tiene dificultades para posicionar la segunda línea de referencia en el lugar deseado, probablemente no haya configurado correctamente la medición con respecto a la curvatura de la superficie.

# 5. Tipo de medición Mejores prácticas

## Plano de medición

### Inspection Manager



una ayuda para las mediciones que se utiliza en conjunto con distintos tipos de mediciones, a fin de permitir el posicionamiento de puntos cursores en zonas de color rojo en las que no están presentes datos 3D, y cuando el ruido en los datos 3D pudiera afectar la exactitud de las mediciones.

#### Ejemplos de aplicaciones:

- Con el tipo superficie, para medir esquinas faltantes
- Con el tipo punto a línea, para daños en bordes de álabes
- Con el tipo profundidad, para separaciones entre puntas de álabes y carcasas
- Con los tipos longitud y punto a línea, para elementos objeto pequeños cuando no se pueda acercar más la punta
- Con el tipo perfil de profundidades de zona, para zonas planas con múltiples cavidades
- Con el tipo perfil de profundidades de zona, cuando no se pueda posicionar los puntos cursores totalmente sobre una superficie de referencia plana

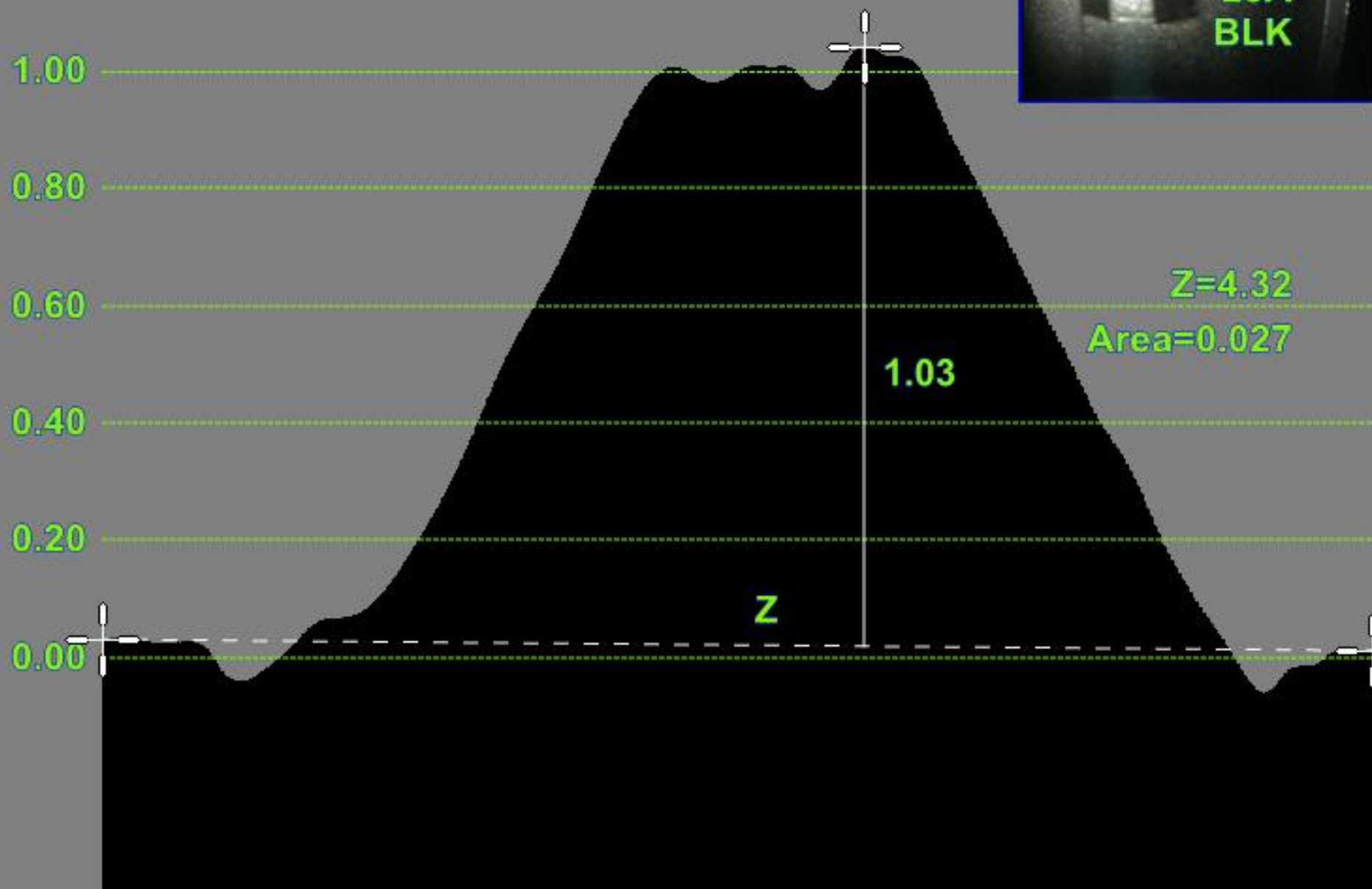
#### Efectos del plano de medición en otros tipos de mediciones:

- **Tipos longitud, punto a línea, línea de varios segmentos y superficie:** Todos los puntos cursores se proyectan sobre el plano de medición, y se calcula el resultado a partir de las posiciones proyectadas sobre el plano.
- **Tipo profundidad:** Los tres primeros puntos cursores seleccionan puntos individuales de la superficie, al igual que

en las mediciones normales del tipo profundidad. Sólo el cuarto se proyecta sobre el plano de medición.

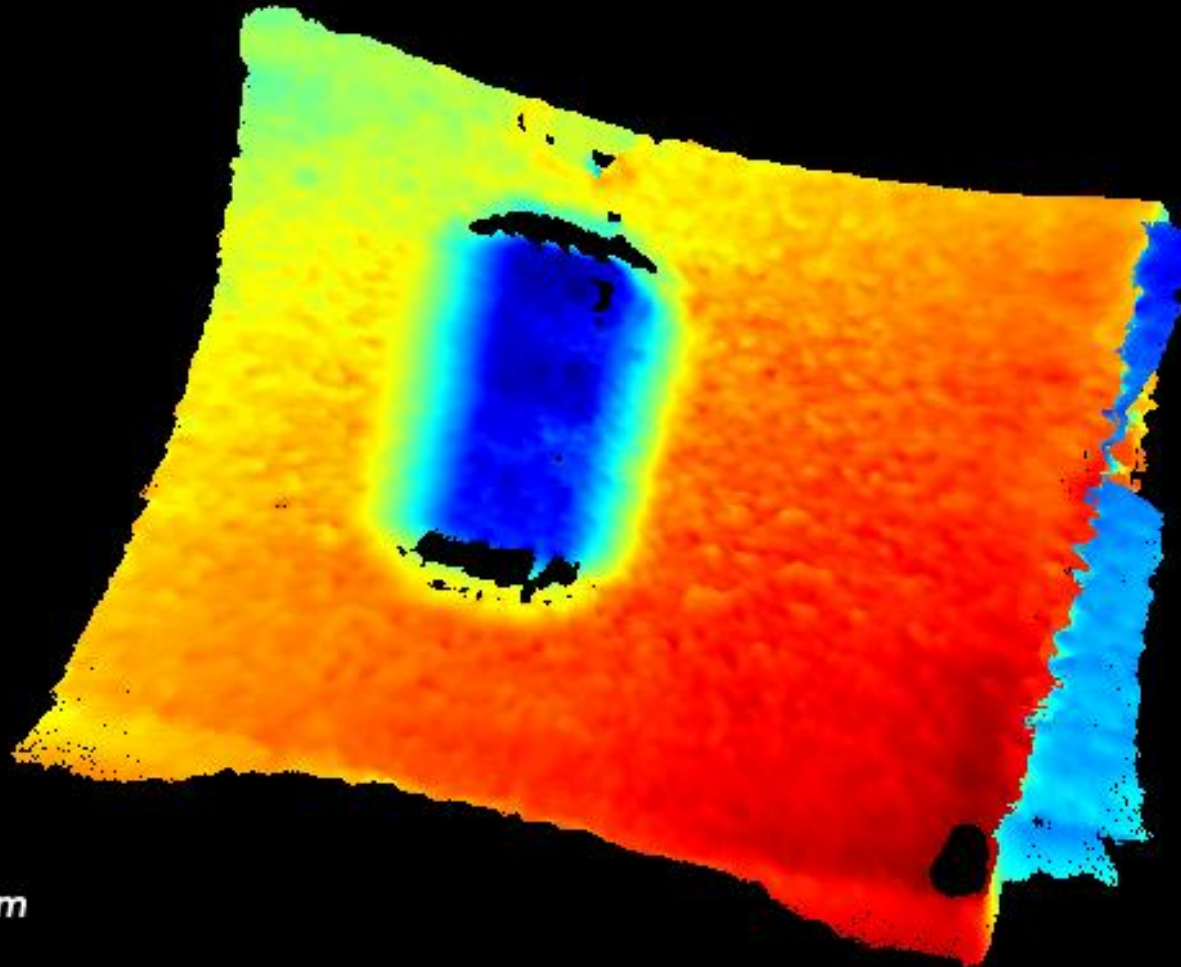
- **Perfil de profundidades:** el plano de medición se utiliza como plano de referencia, a fin de poder posicionar superpuestos sobre bordes y en zonas de color rojo los puntos cursores de las mediciones del tipo perfil de profundidades. El resultado arrojado es la medición de la altura o de la profundidad respecto al plano de medición. Sólo para ser utilizado con superficies de referencia planas.
- **Perfil de profundidades de zona:** ambas líneas de referencia se posicionan sobre el plano de medición, lo que permite que pasen por zonas de color rojo y cavidades en la superficie sin afectar los perfiles definidos entre las líneas de referencia. El resultado arrojado es la medición de la altura o de la profundidad respecto al plano de medición. Sólo para ser utilizado con superficies de referencia planas.
- En una imagen dada, sólo se puede utilizar un plano de medición.
- Si está presente un plano de medición, lo utilizarán todas las demás mediciones sin importar el orden en que fueron colocadas.

# Profile View



# Understand the Point Cloud

7.117 mm

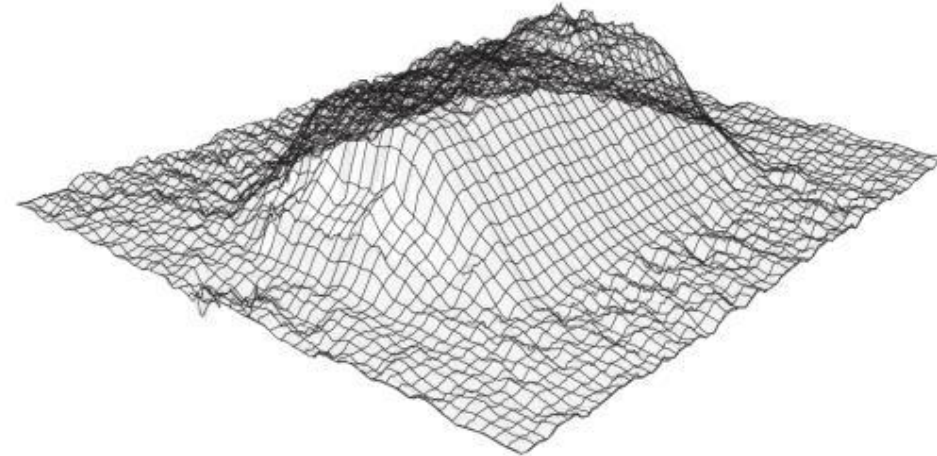
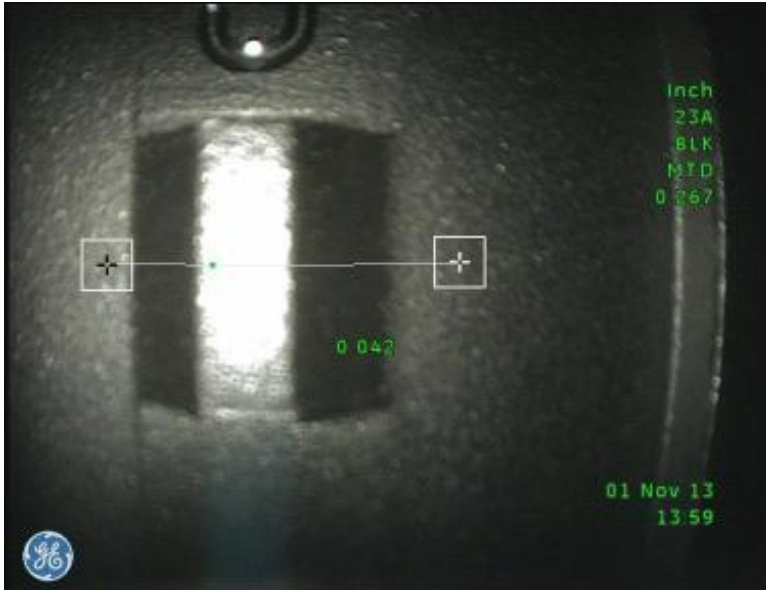


5.520 mm

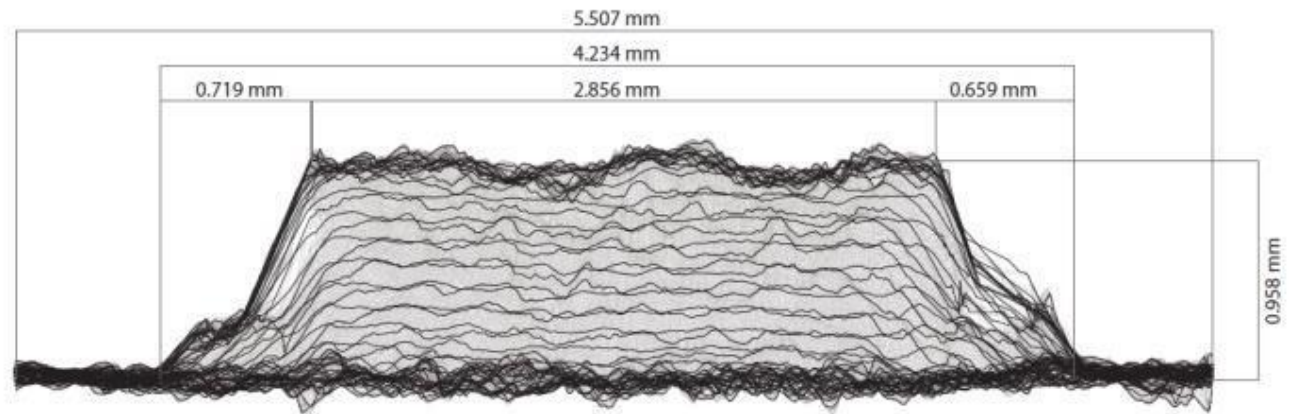


# 3DPM IMAGE EXPORT TO CAD SOFTWARE PACKAGE

## Create CSV file from 3D Image 3D Print Indications



Volume = 6.54016694 cubic mm





imagination at work