



THE UNIVERSITY
of EDINBURGH



Identificación automática de defectos en fachadas de piedra

Hacia inspecciones más objetivas y eficientes

Ciclo de Conferencias del Máster de Ingeniería de Sistemas y de Control
UNED-UCM, Madrid

Dr Enrique Valero | 24 de mayo de 2021



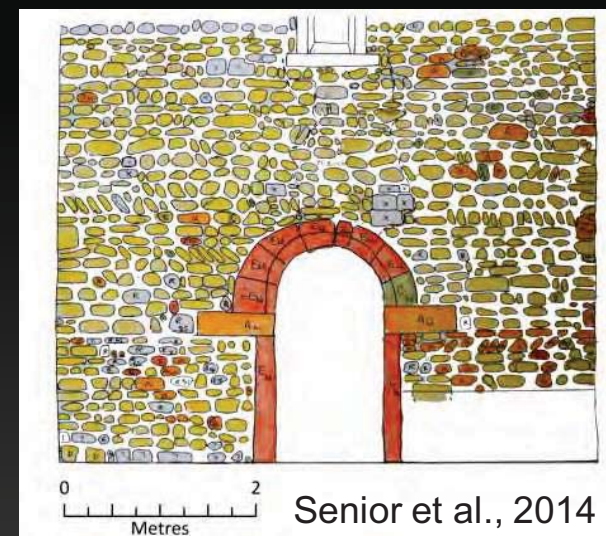


Motivación

- Evaluación del estado de la edificación mediante estrategias visuales
 - Costoso en términos de tiempo y dinero (acceso)
 - Subjetivo e impreciso
 - Conclusiones inconsistentes
 - > Defectos y reparación

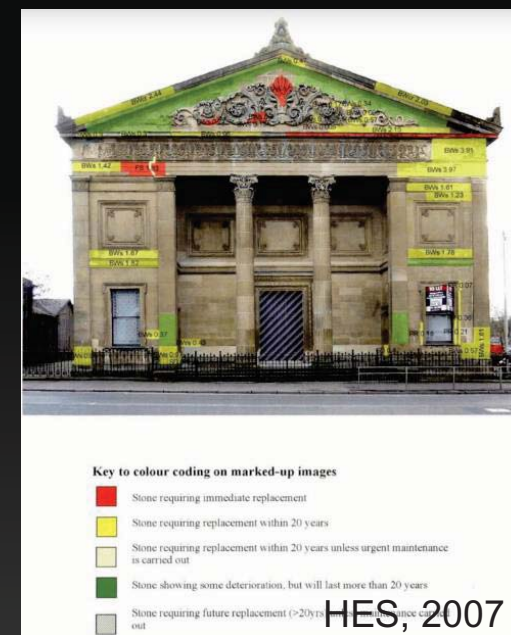
Motivación

- Evaluación del estado de la edificación mediante estrategias visuales
 - Costoso en términos de tiempo y dinero (acceso)
 - Subjetivo e impreciso
 - Conclusiones inconsistentes
 - > Defectos y reparación



Motivación

- Evaluación del estado de la edificación mediante estrategias visuales
 - Costoso en términos de tiempo y dinero (acceso)
 - Subjetivo e impreciso
 - Conclusiones inconsistentes
 - > Defectos y reparación





Motivación

- Evaluación del estado de la edificación mediante estrategias visuales

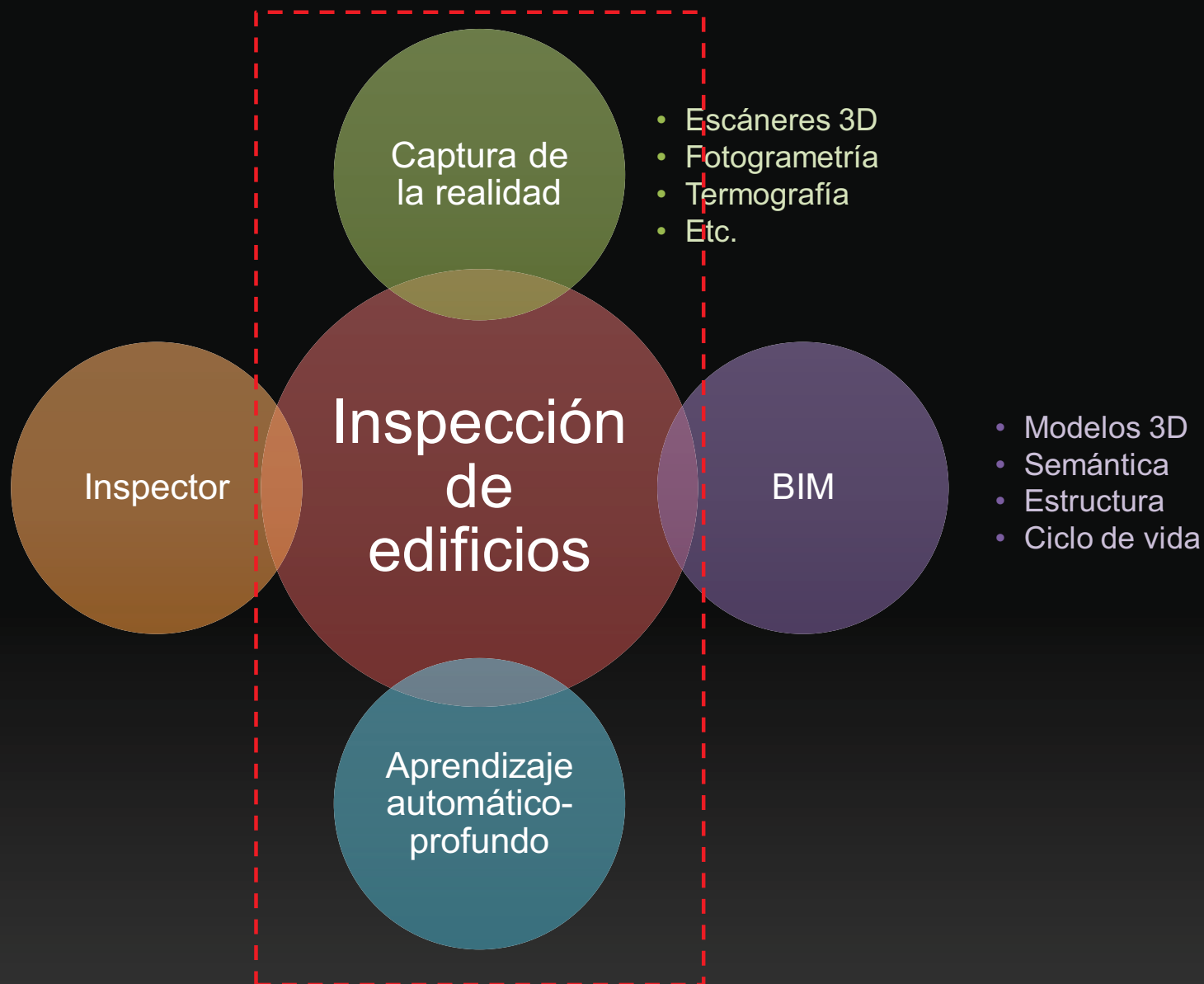


Motivación





Motivación





Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM



Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM



Captura de la realidad

Tecnologías

- Escáneres láser terrestres
- Cámaras fotográficas (drones y/o pértigas)



Captura de la realidad

Algunos números

Adquisición de datos +
Preprocesamiento
(horas)



3 scans

260 pics

Datos

180M points

51M points

Resolución

3mm at 50m

GSD: 2mm

Precio

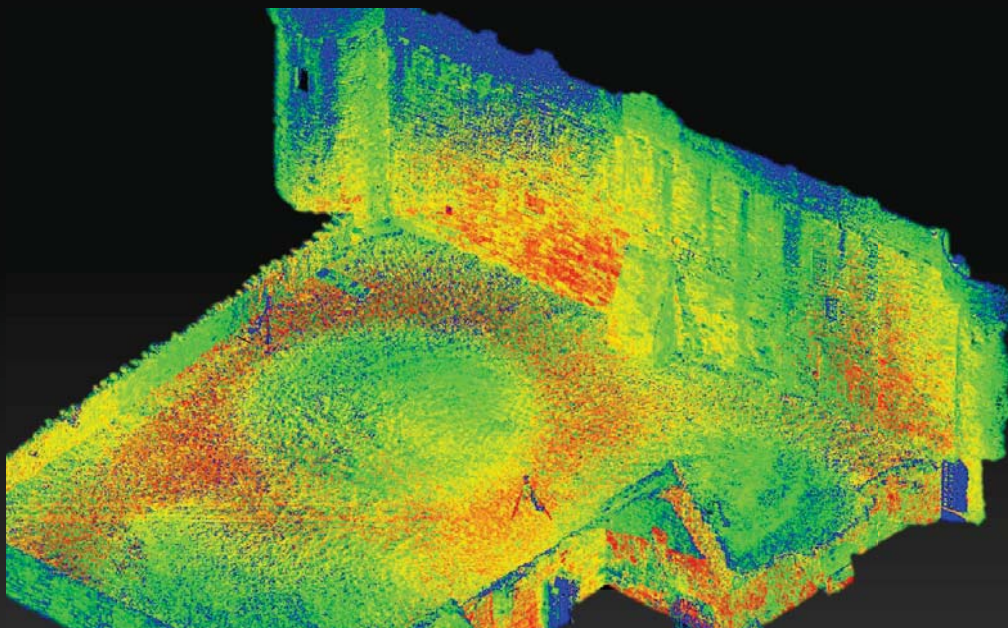
£60k

£2k

Ventajas

Densidad +
Precisión

Color



Captura de la realidad

Fotogrametría vs Escáneres Láser



Captura de la realidad

Fotogrametría vs Escáneres Láser





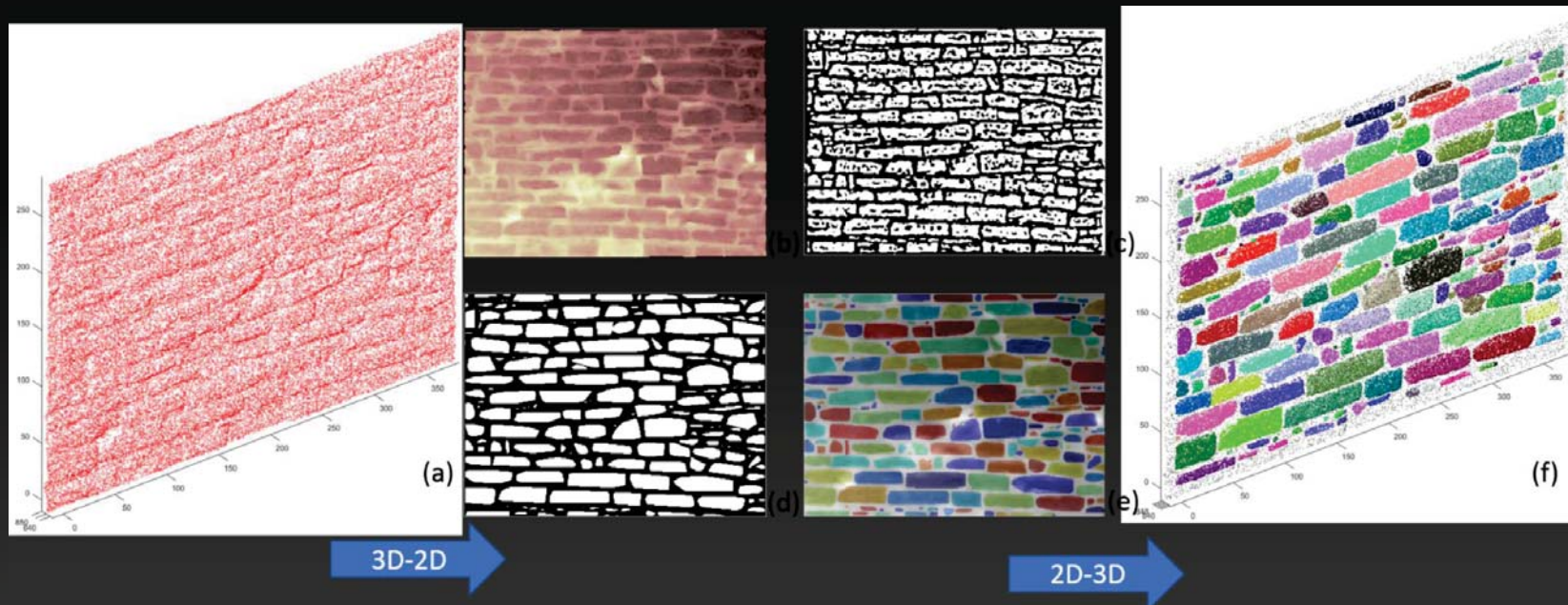
Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM

Procesamiento de datos

Visión por computador

- Procesamiento de nubes de puntos
- Procesamiento de imágenes





Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM

Segmentación de la mampostería

- Procesamiento de datos
 - Segmentación de piedra rústica y sillares

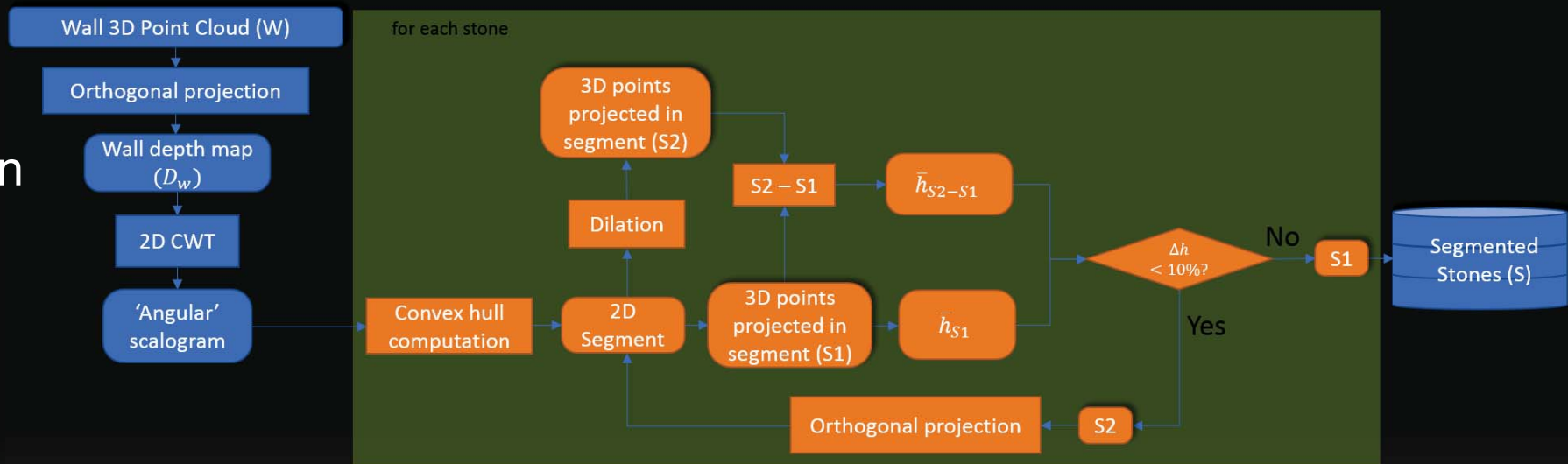
- Algoritmos para cada tipo de construcción

- Extracción de información de las nubes de puntos
 - Etiquetado-Identificación
 - Estudio cuantitativo
 - Defectos

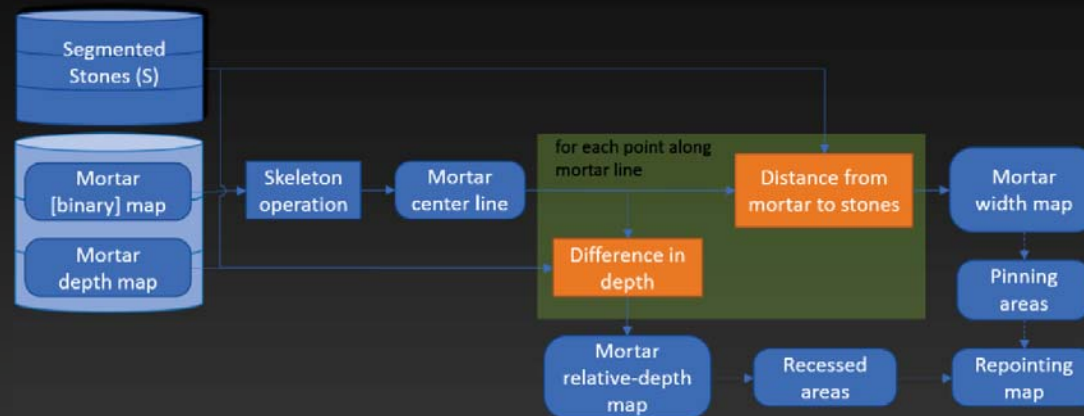
Segmentación de la mampostería

Algoritmo

Segmentación de piedra

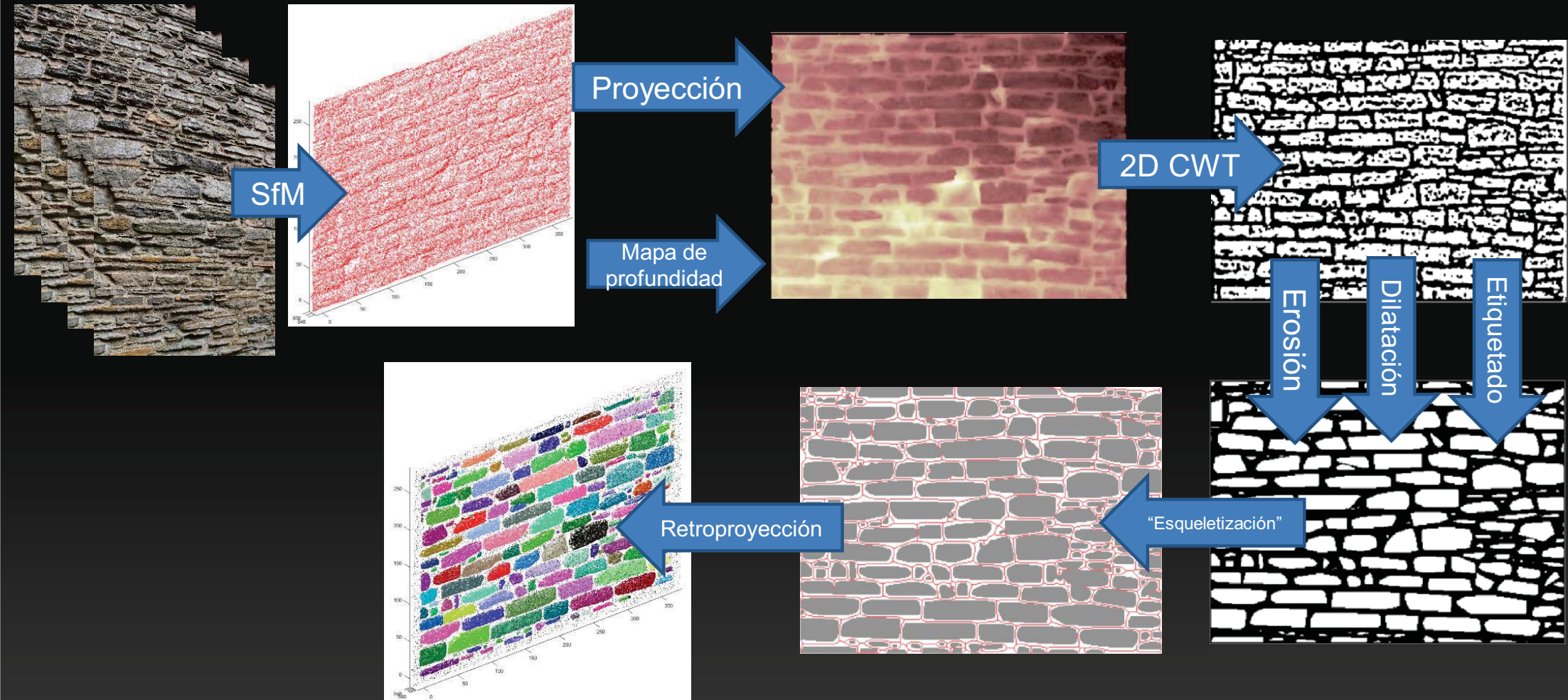


Análisis del mortero



Segmentación de la mampostería

Algoritmo



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

3,100 piedras



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

3,100 piedras



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

3,100 piedras



Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

3,100 piedras

1,44 km mortero

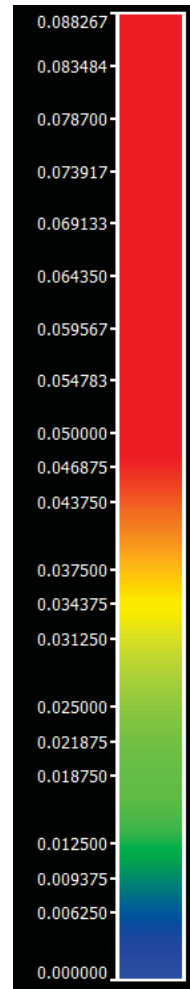


Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

3,100 piedras
1,44 km mortero

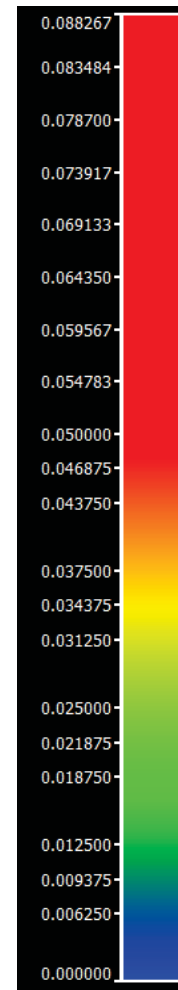


Segmentación de la mampostería

Piedra rústica

Linlithgow Palace

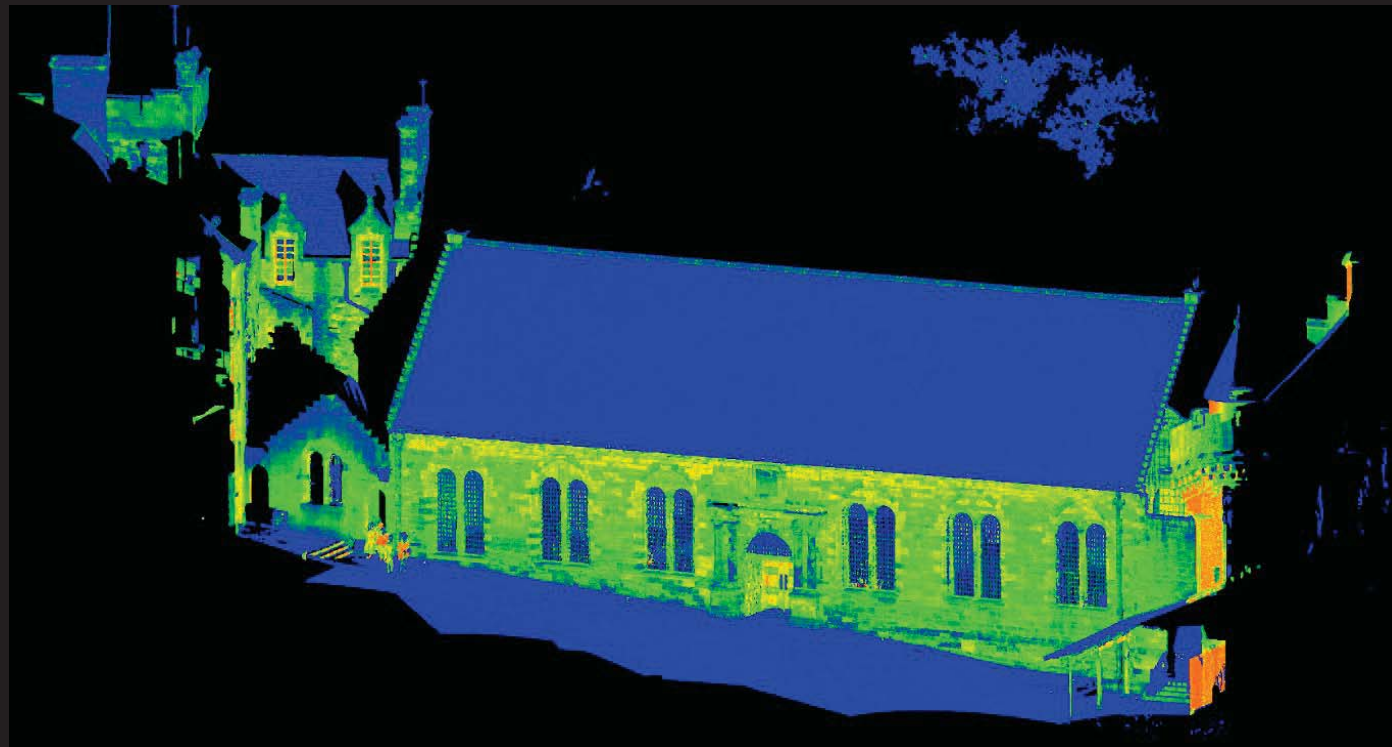
3,100 piedras
1,44 km mortero



Segmentación de la mampostería

Sillares

Chapel Royal, Stirling Castle

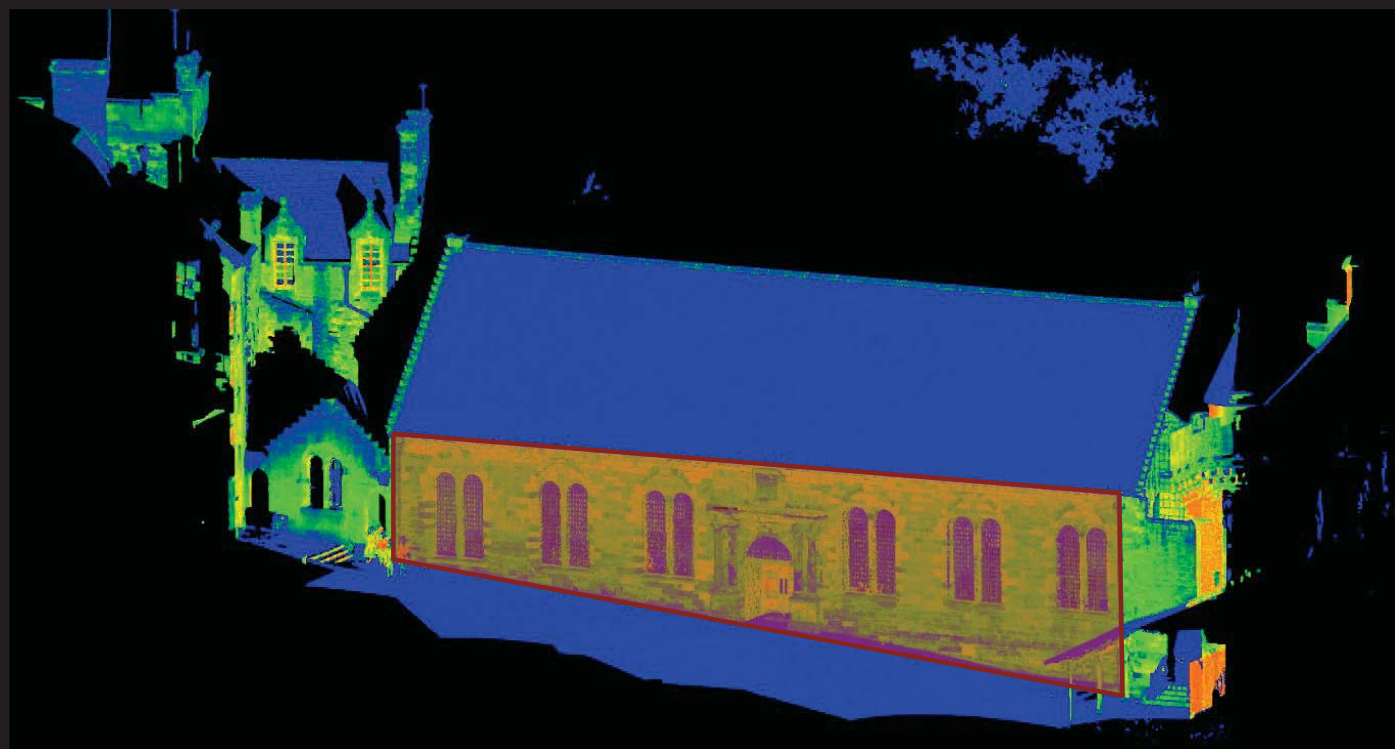




Segmentación de la mampostería

Sillares

Chapel Royal, Stirling Castle





Segmentación de la mampostería

Sillares

Chapel Royal, Stirling Castle





Segmentación de la mampostería

Sillares

Chapel Royal, Stirling Castle



Segmentación de la mampostería

Sillares

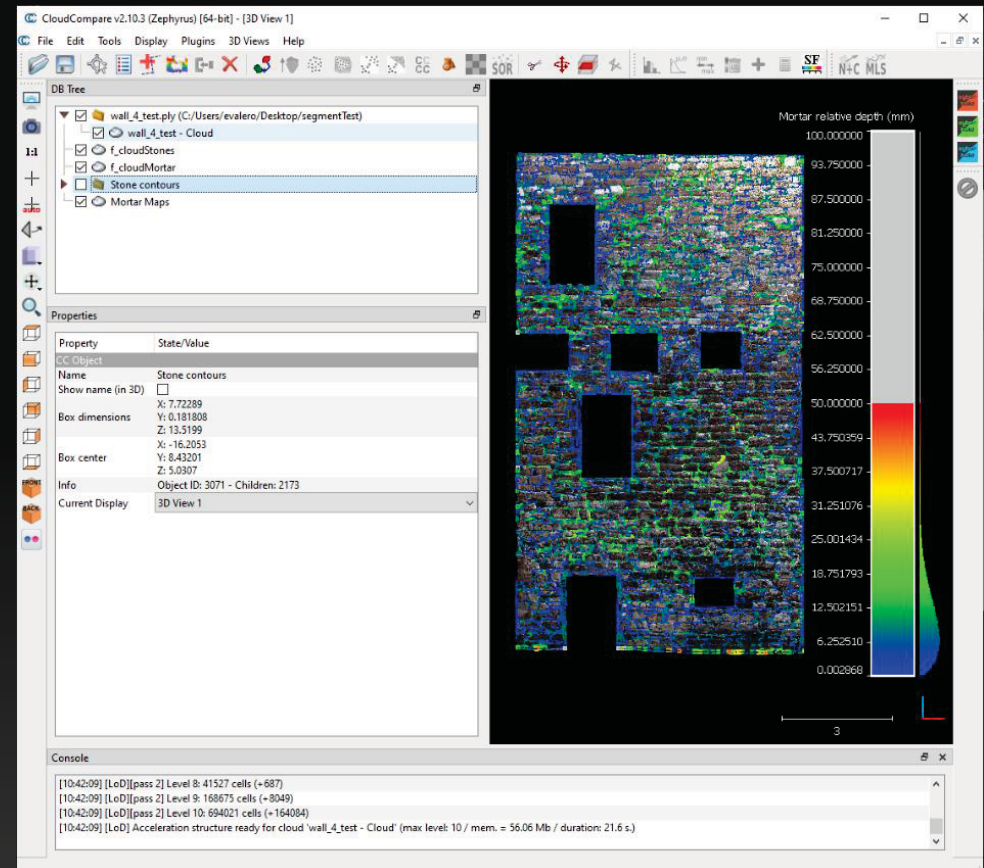
763 piedras

Chapel Royal, Stirling Castle



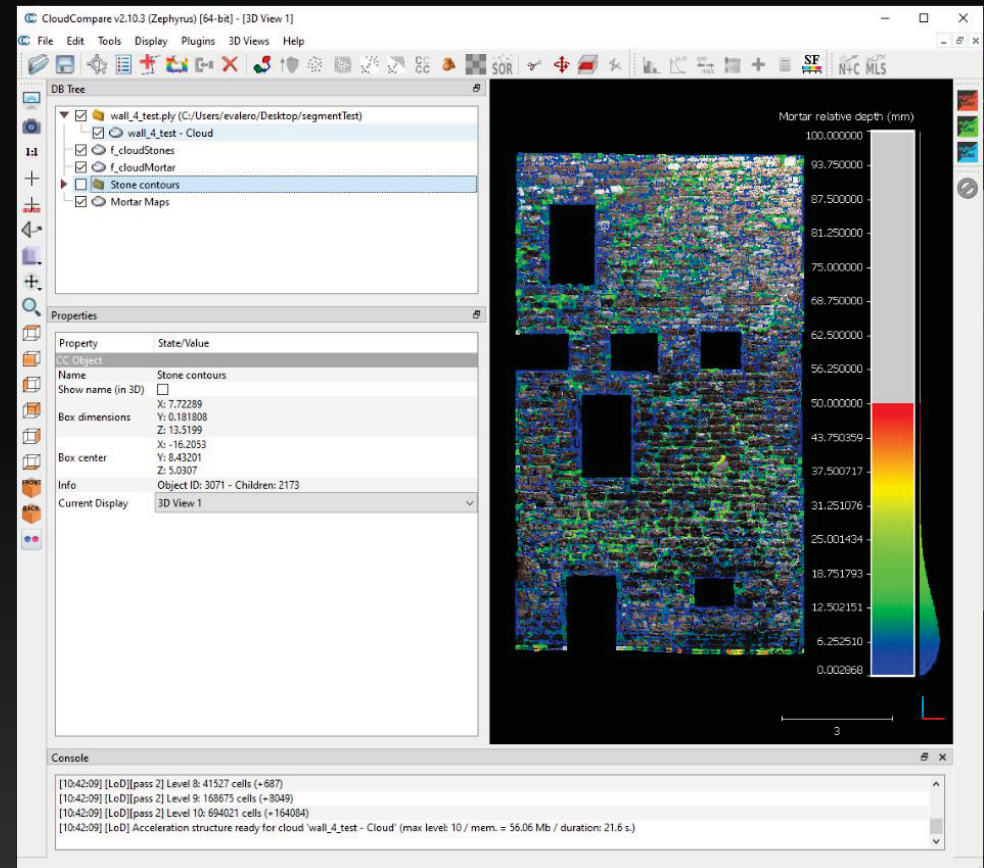
Segmentación de la mampostería

- Herramienta de segmentación para inspectores



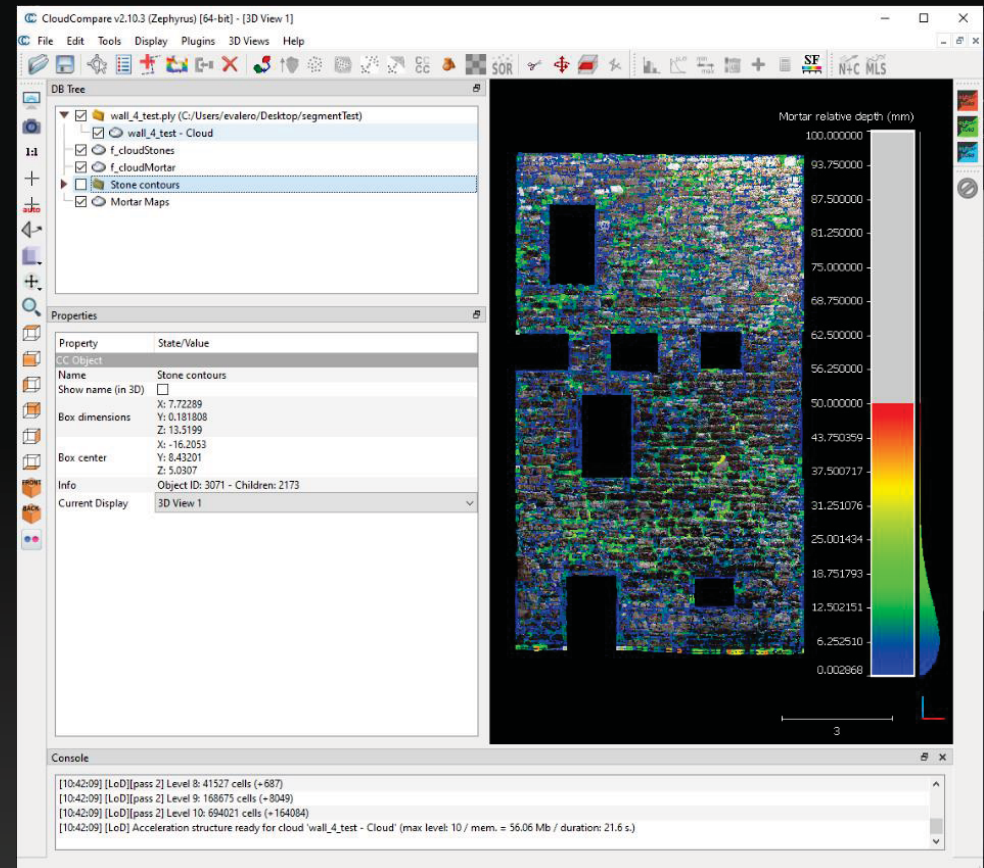
Segmentación de la mampostería

- Herramienta de segmentación para inspectores
- Integración en software aceptado por la comunidad



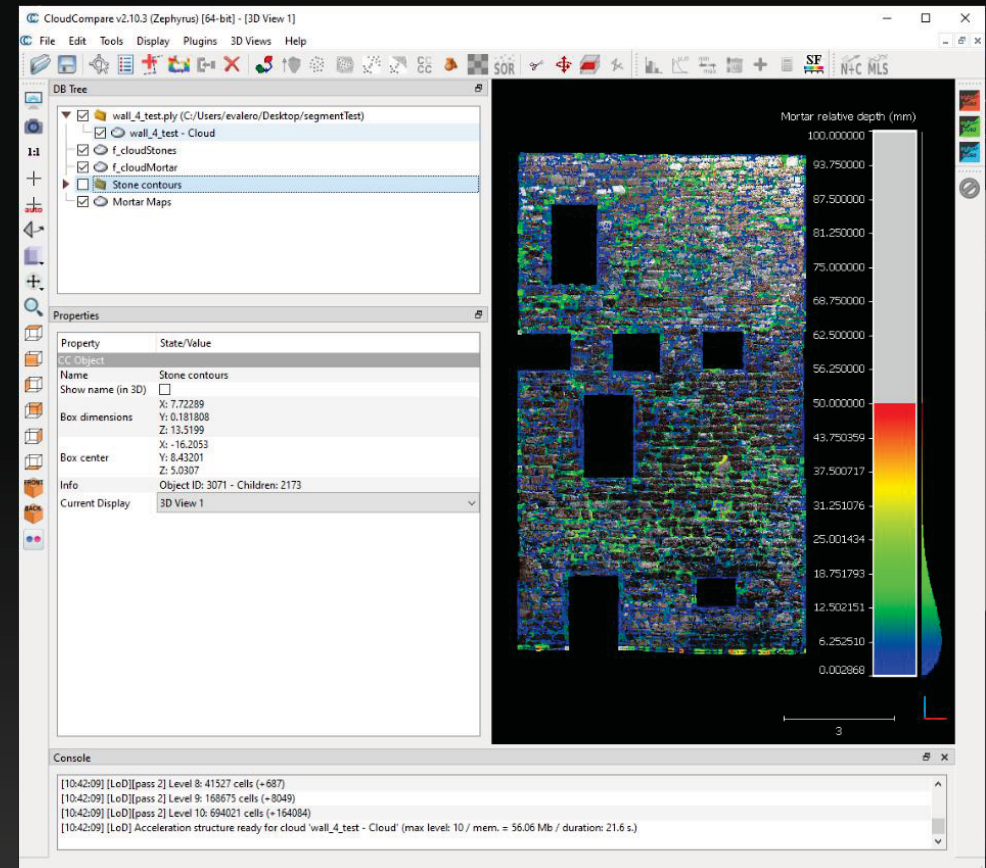
Segmentación de la mampostería

- Herramienta de segmentación para inspectores
- Integración en software aceptado por la comunidad
- Código abierto



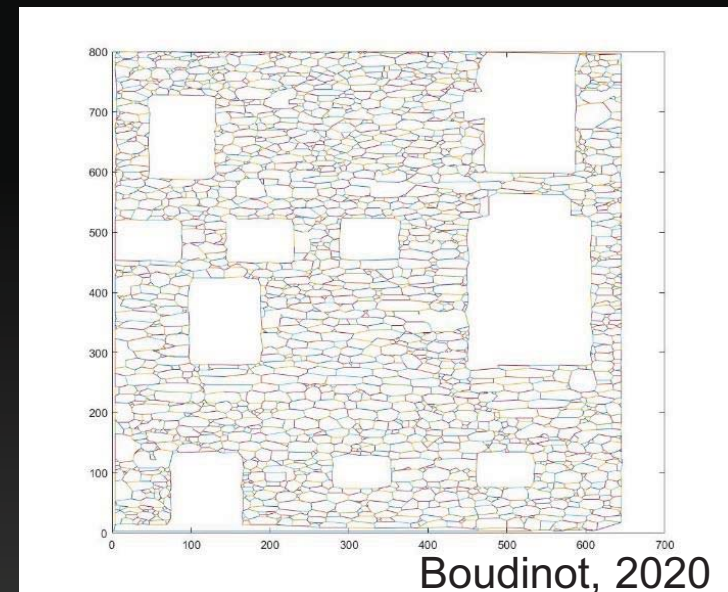
Segmentación de la mampostería

- Herramienta de segmentación para inspectores
- Integración en software aceptado por la comunidad
- Código abierto
- Plugin para CloudCompare



Segmentación de la mampostería

- Scan-to-DEA
 - Análisis de elementos finitos





Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM

Detección y clasificación de defectos

- Inspección de mampostería requiere identificación de subcomponentes > Piedra y mortero

Captura de la realidad



Segmentación

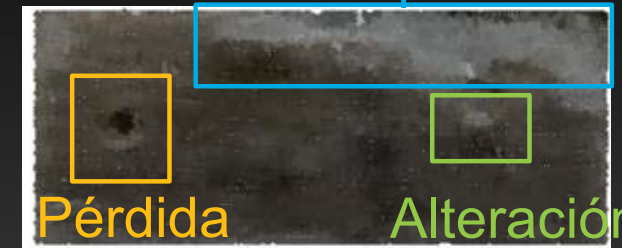


Detección de defectos



Clasificación de defectos

Deposición

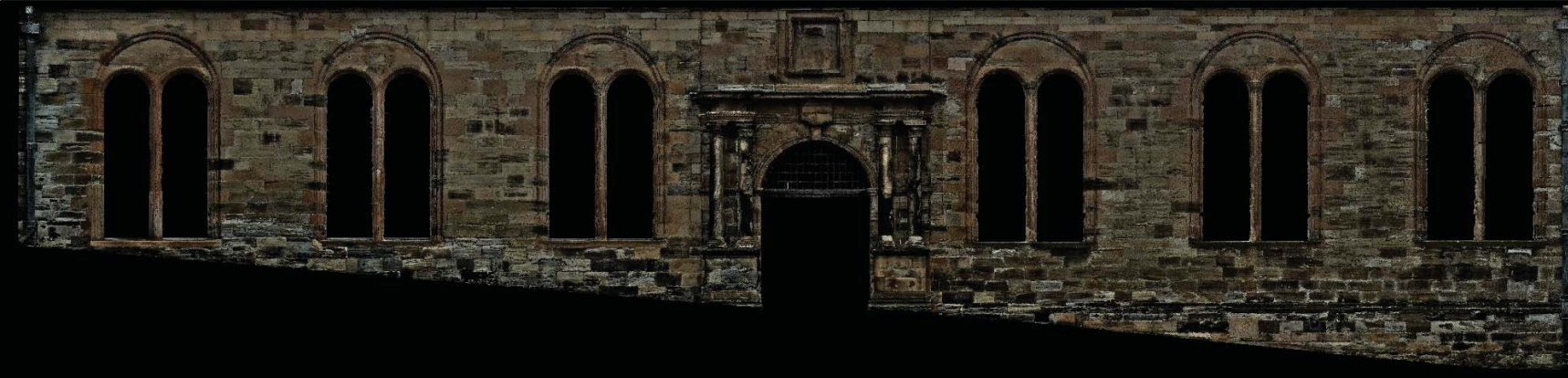


Pérdida
de material

Alteración
de color

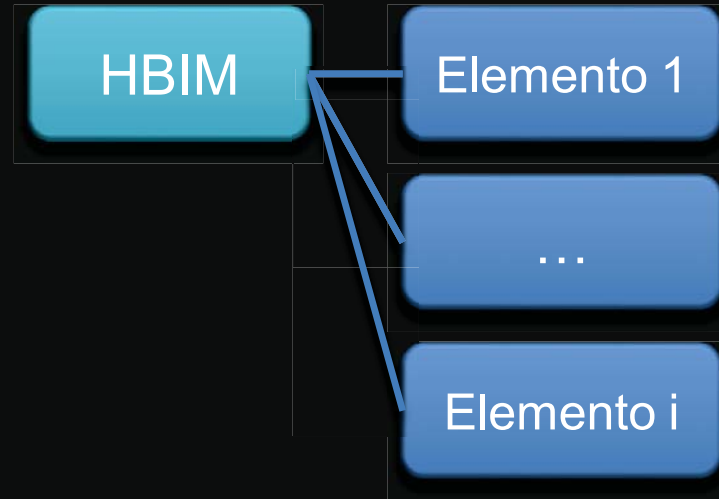
Detección de defectos

HBIM

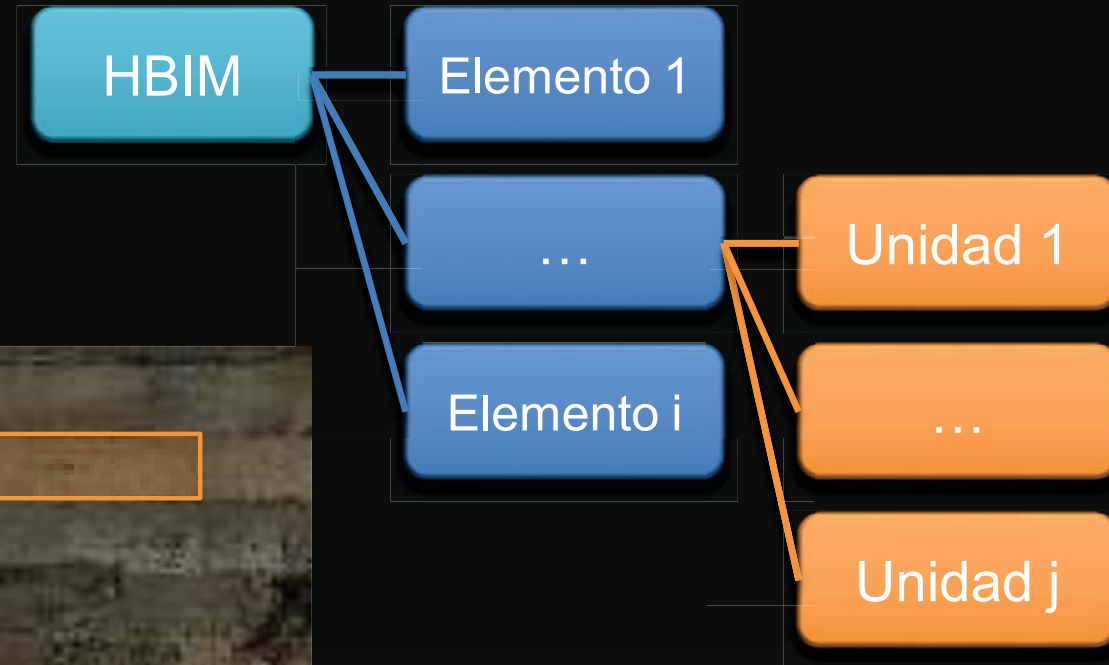




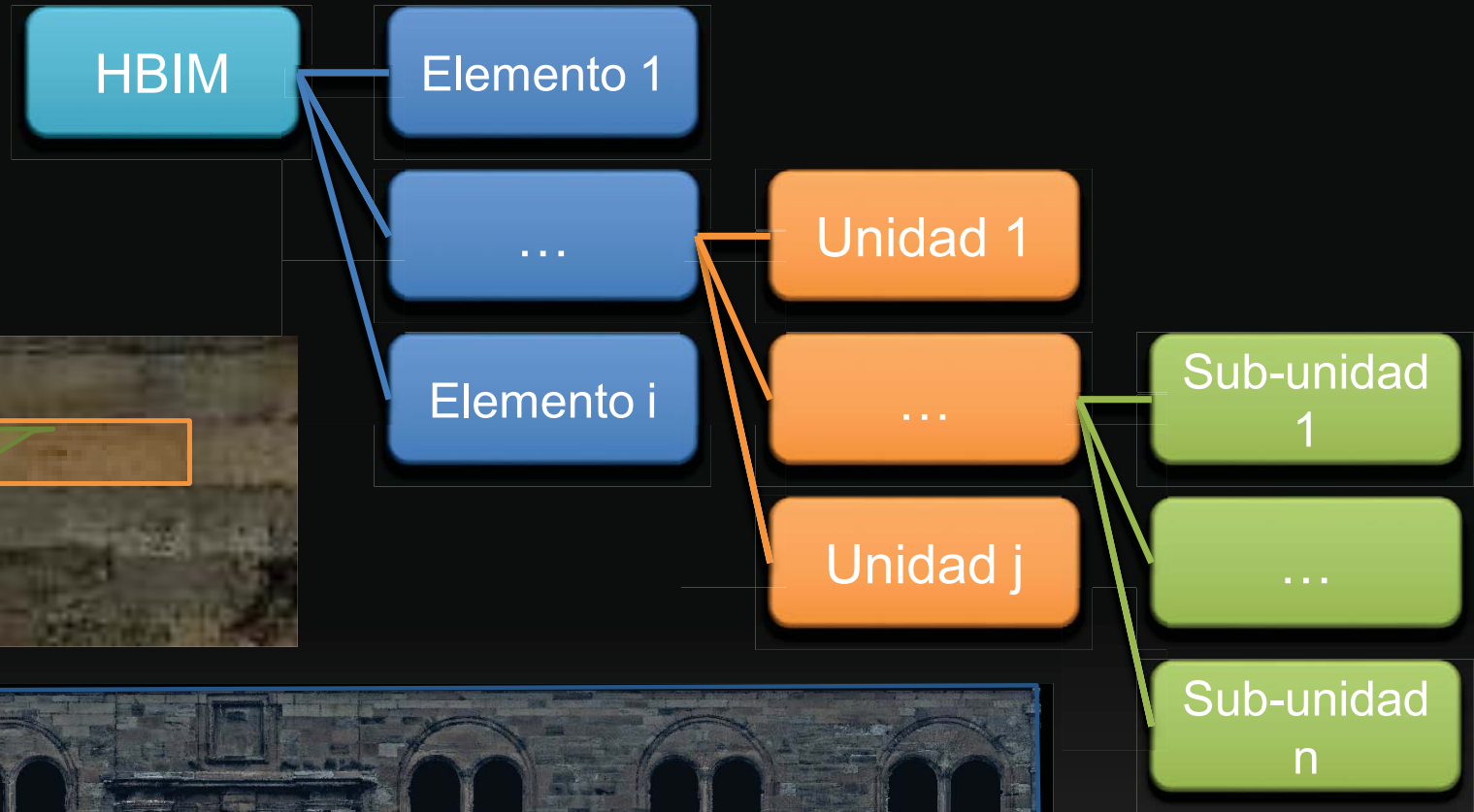
Detección de defectos



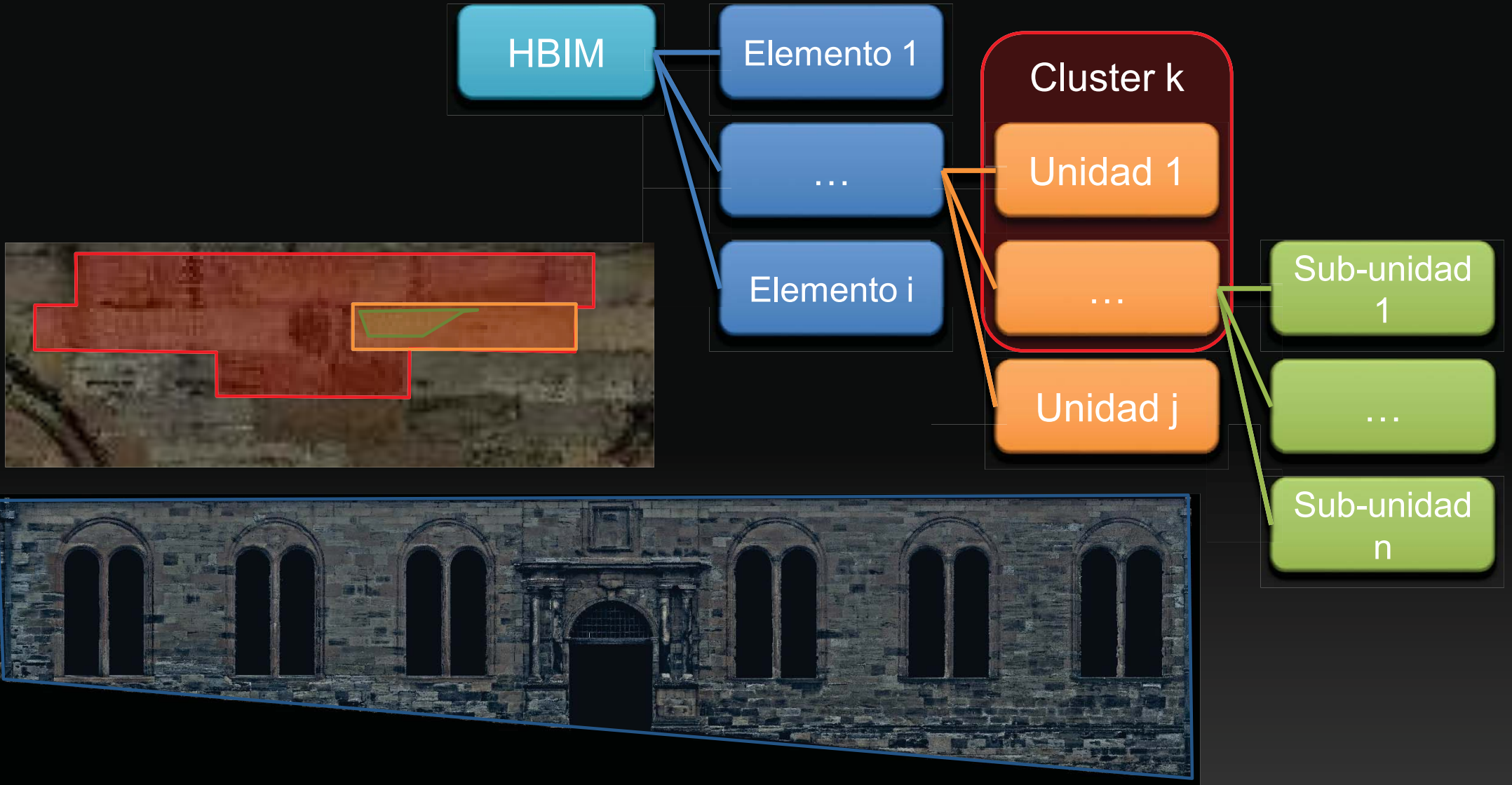
Detección de defectos



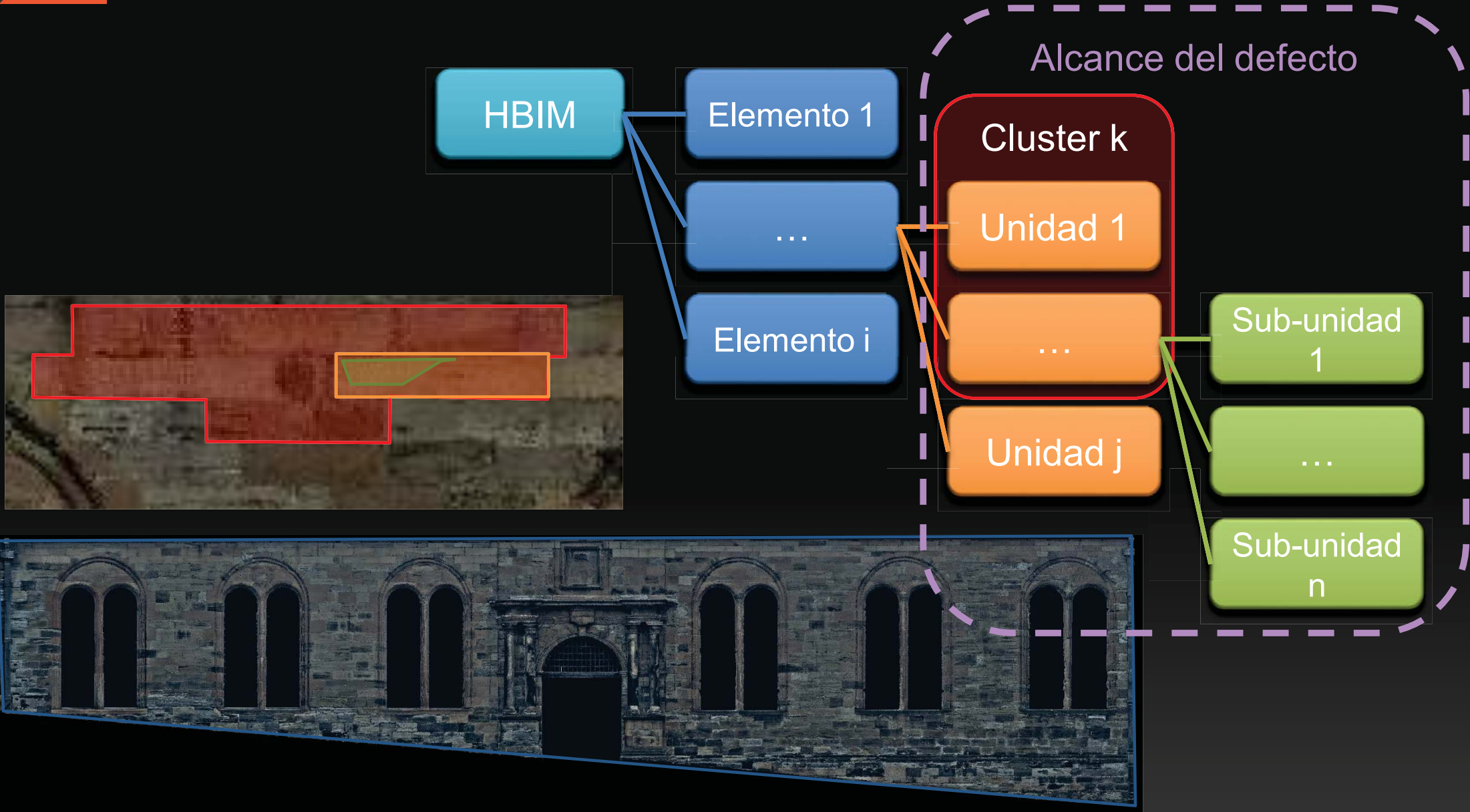
Detección de defectos



Detección de defectos



Detección de defectos





Detección de defectos



Geometría



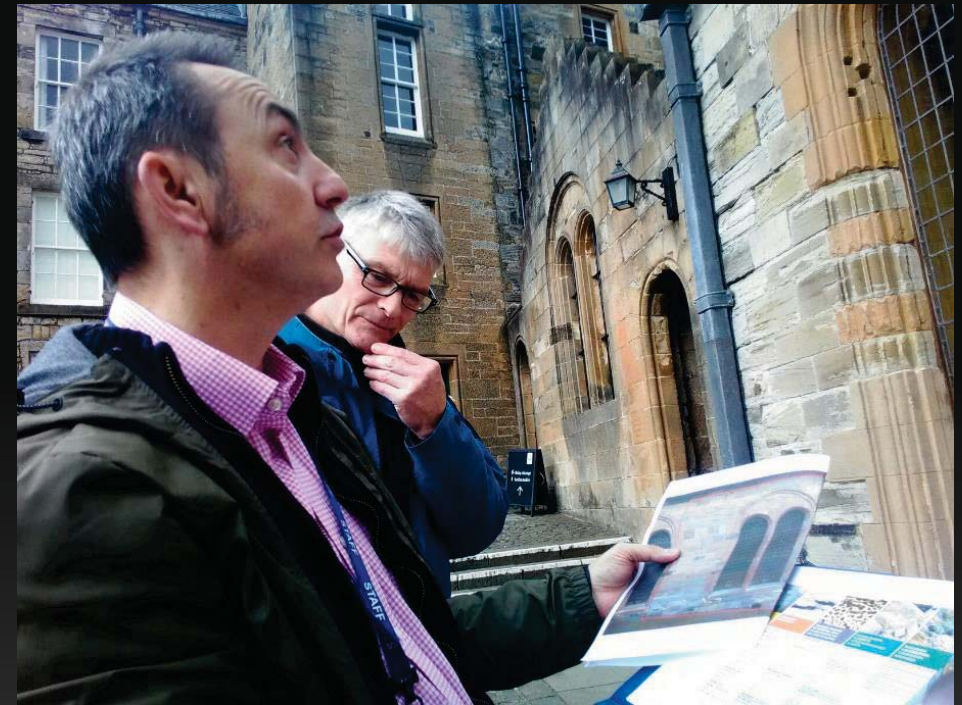
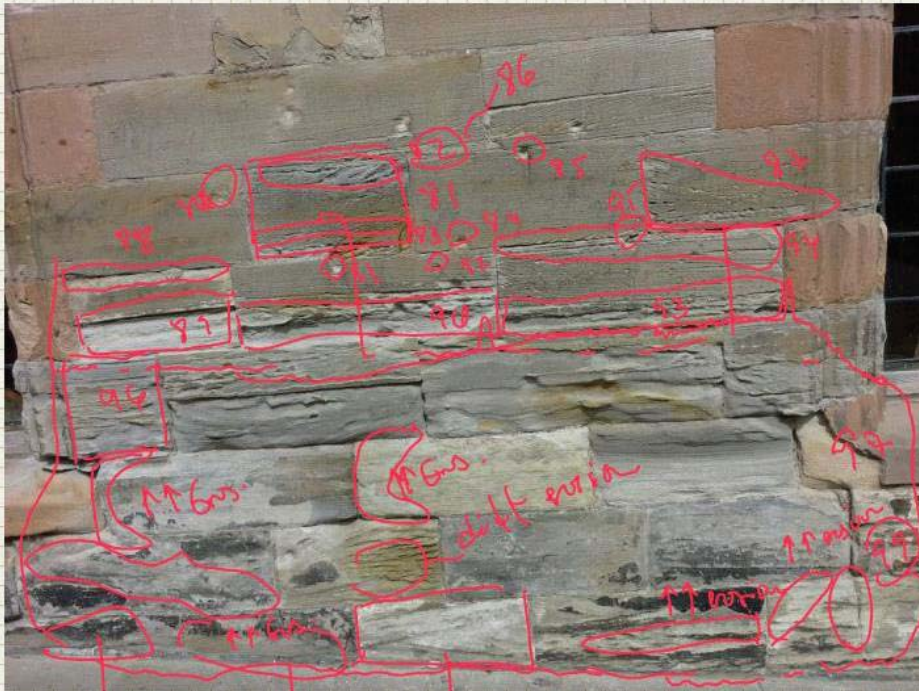
Color

Clasificación de defectos

- Etiquetado – Glosario de defectos de la piedra de ICOMOS

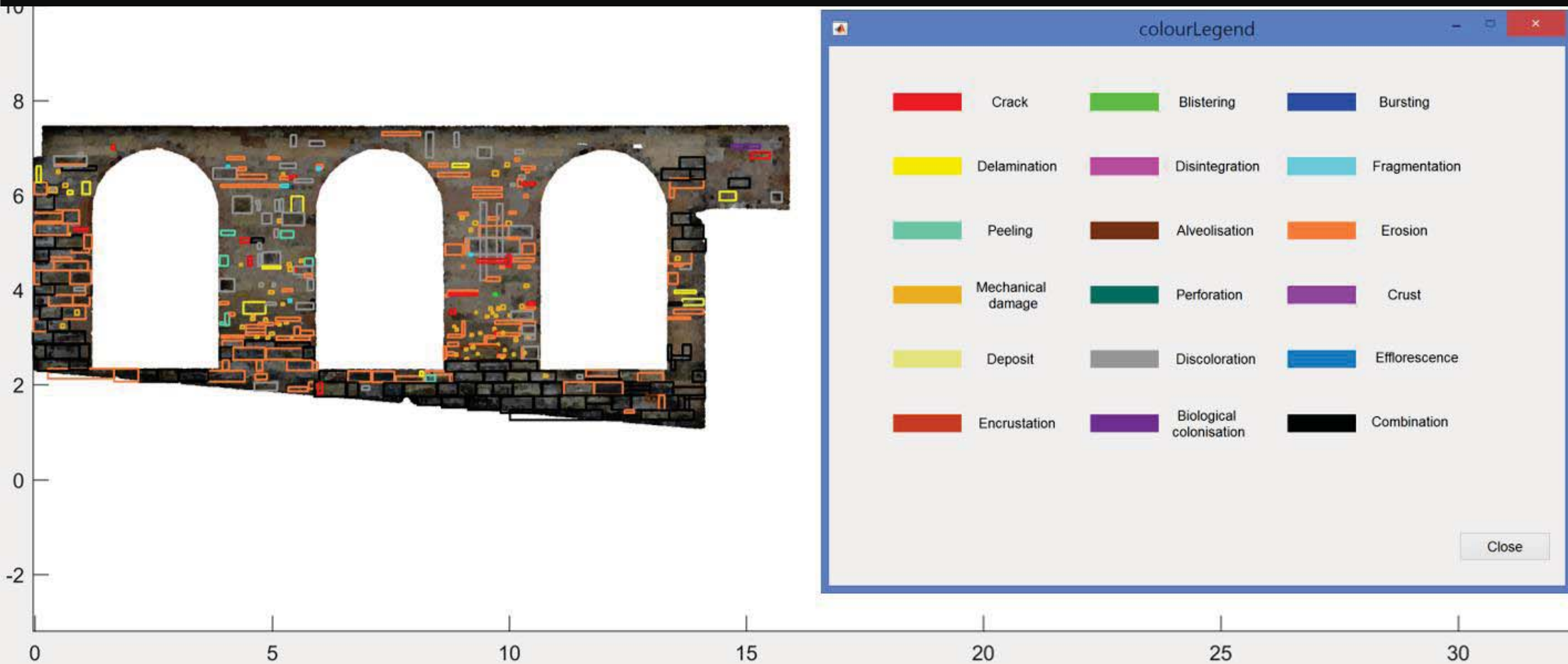
Clasificación de defectos

- Etiquetado – Glosario de defectos de la piedra de ICOMOS



Clasificación de defectos

- Etiquetado – Glosario de defectos de la piedra de ICOMOS



Clasificación de defectos

■ Parámetros

Contorno



Rectangularidad



Circularidad



Elongación



Área

Textura 3D



Volumen



Rugosidad



Isolíneas
Burbujas
Delaminación



Patrones (agujeros)

Textura 2D



Intensidad



RGB

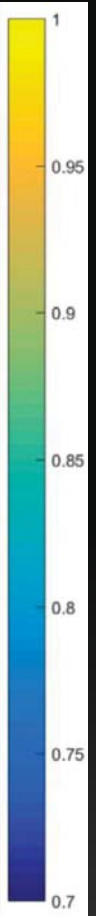
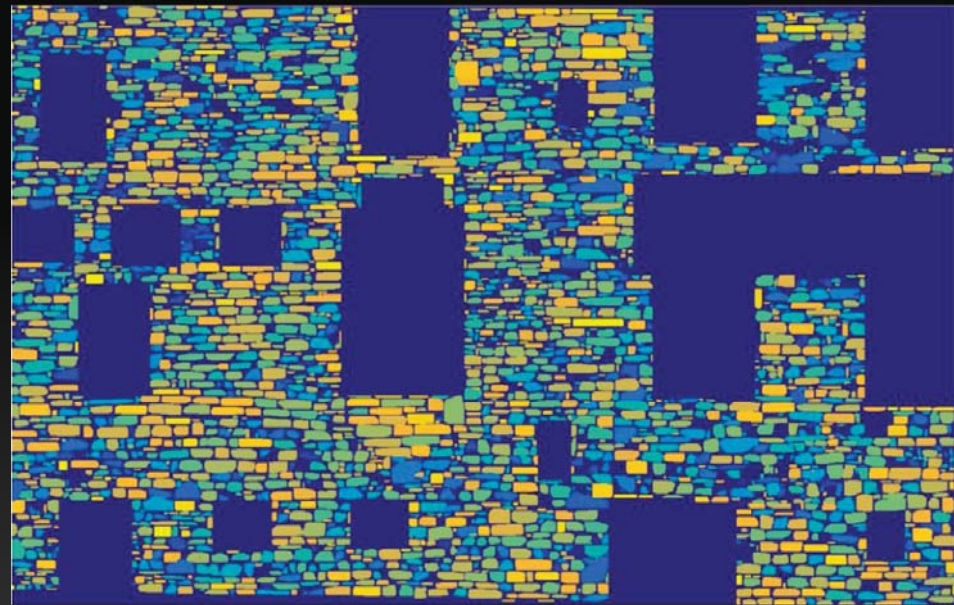
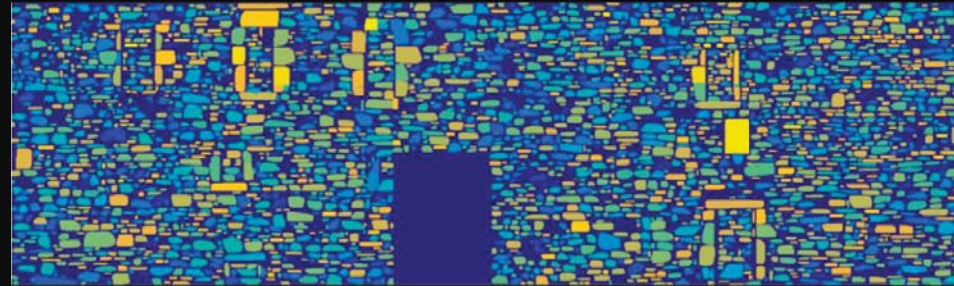
Clasificación de defectos

- Interpretación (aplicación directa)



Clasificación de defectos

- Interpretación (aplicación directa)



Clasificación de defectos

■ Parámetros

Contorno



Rectangularidad



Circularidad



Elongación



Área

Textura 3D



Volumen



Rugosidad



Isolíneas
Burbujas
Delaminación



Patrones (agujeros)

Textura 2D



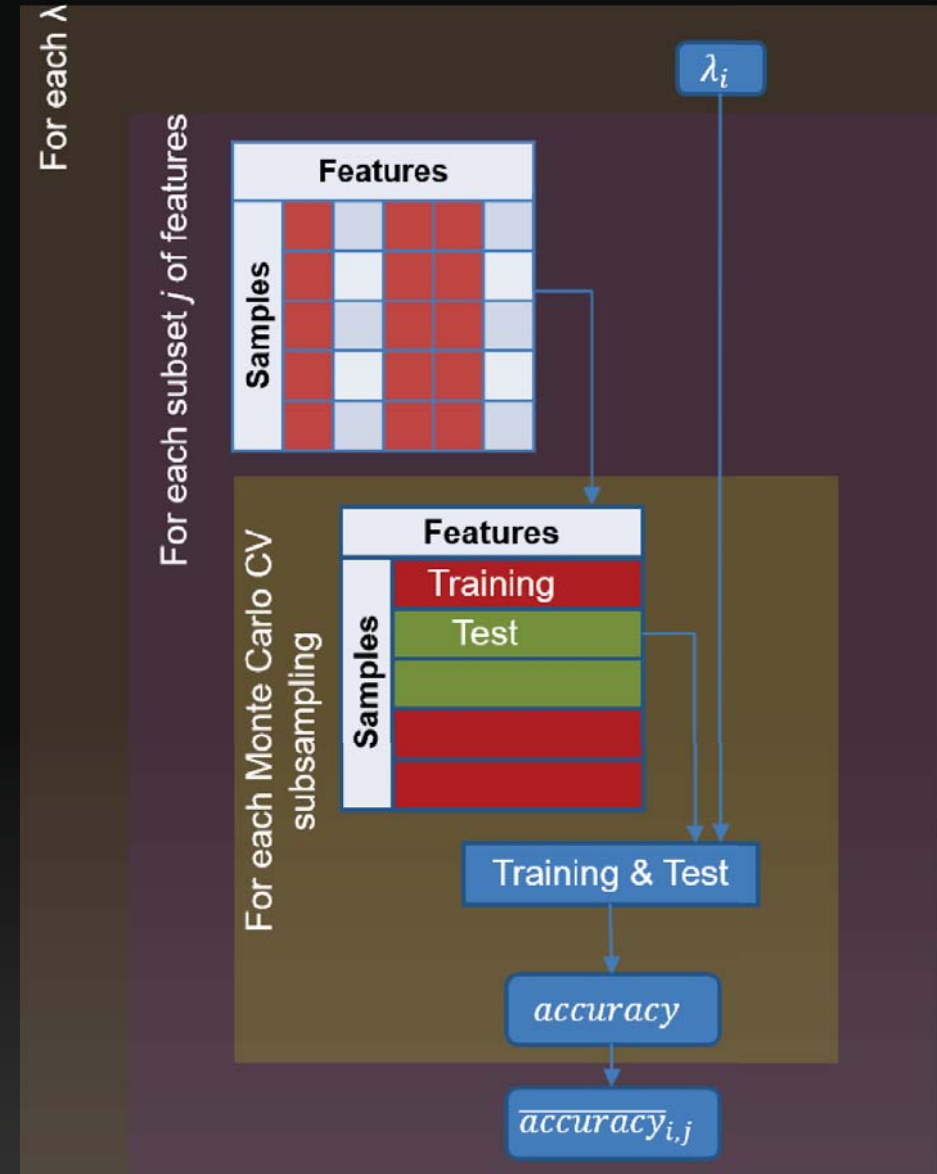
Intensidad



RGB

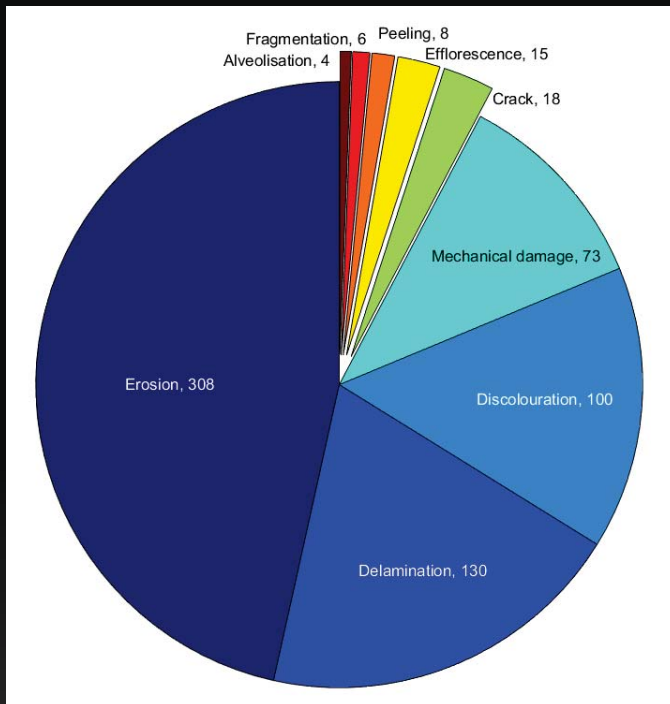
Clasificación de defectos

- Regresión logística



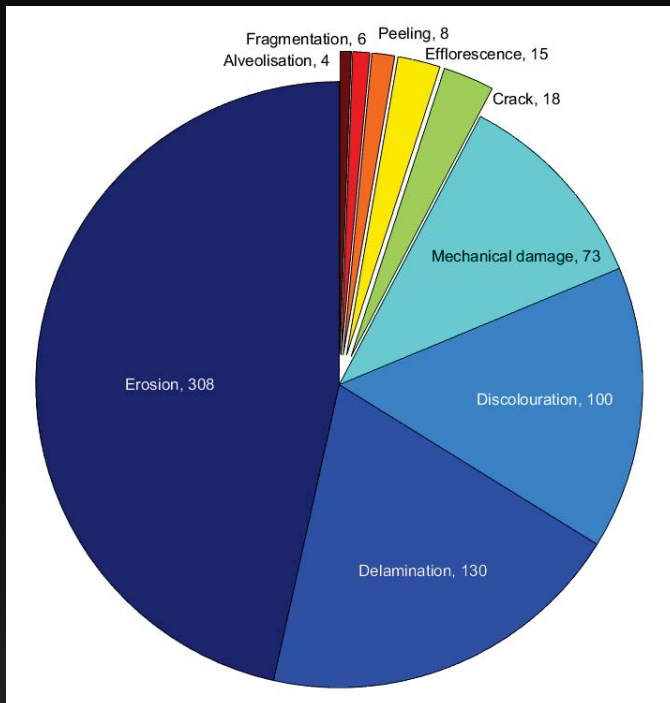
Clasificación de defectos

■ Resultados



Clasificación de defectos

■ Resultados



Geometría

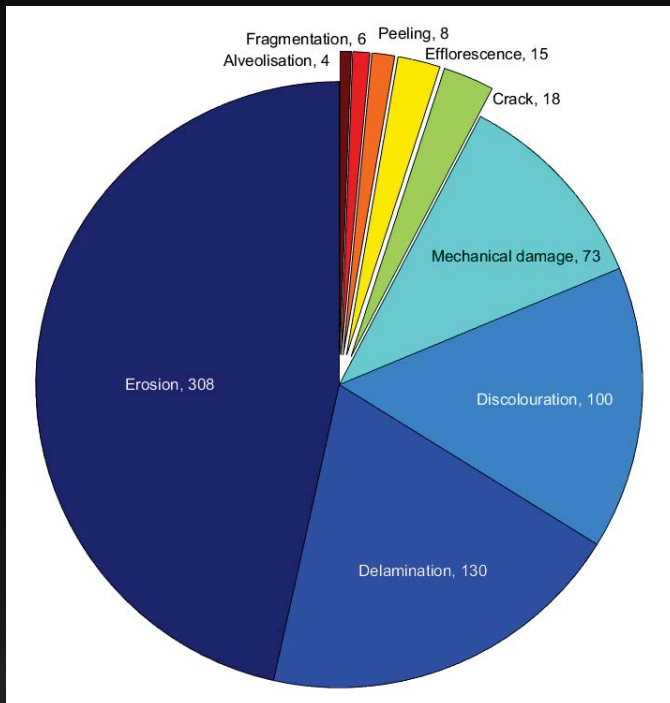
| Defecto | Exhaustividad | Precisión |
|---------------|---------------|-----------|
| Erosión | 0.9 | 0.42 |
| Delaminación | 0 | - |
| Daño mecánico | 0.8 | 1 |
| No defectuoso | 0.9 | 0.86 |

Color

| Defecto | Exhaustividad | Precisión |
|---------------|---------------|-----------|
| Decoloración | 0.95 | 1 |
| No defectuoso | 1 | 0.95 |

Clasificación de defectos

■ Resultados



Geometría

| Defecto | Exhaustividad | Precisión |
|---------------|---------------|-----------|
| Erosión | 0.9 | 0.42 |
| Delaminación | 0 | - |
| Daño mecánico | 0.8 | 1 |
| No defectuoso | 0.9 | 0.86 |

$$exhaustividad = \frac{TP}{TP+FN}$$

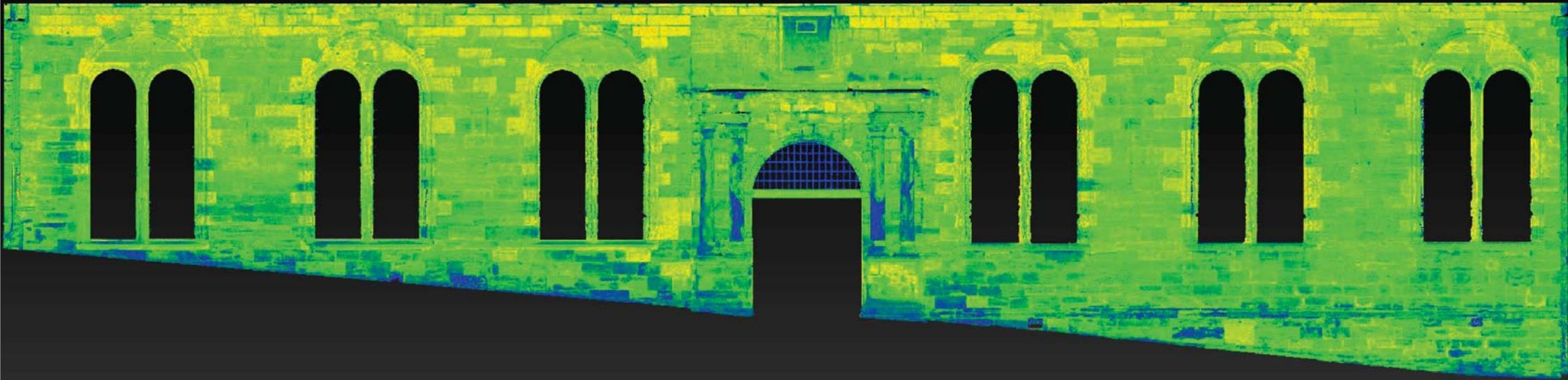
$$precision = \frac{TP}{TP+FP}$$

Color

| Defecto | Exhaustividad | Precisión |
|---------------|---------------|-----------|
| Decoloración | 0.95 | 1 |
| No defectuoso | 1 | 0.95 |

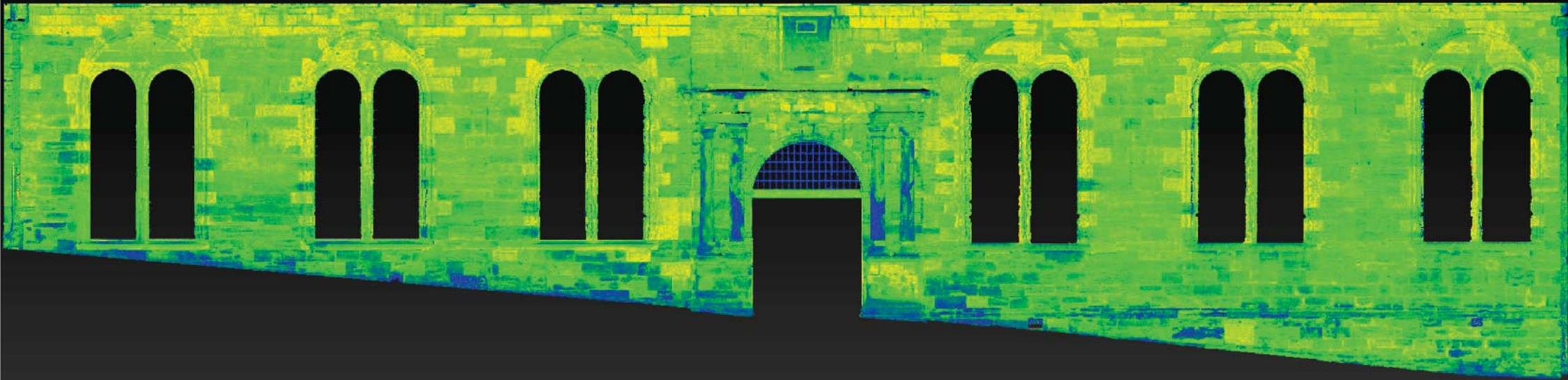


Clasificación de defectos



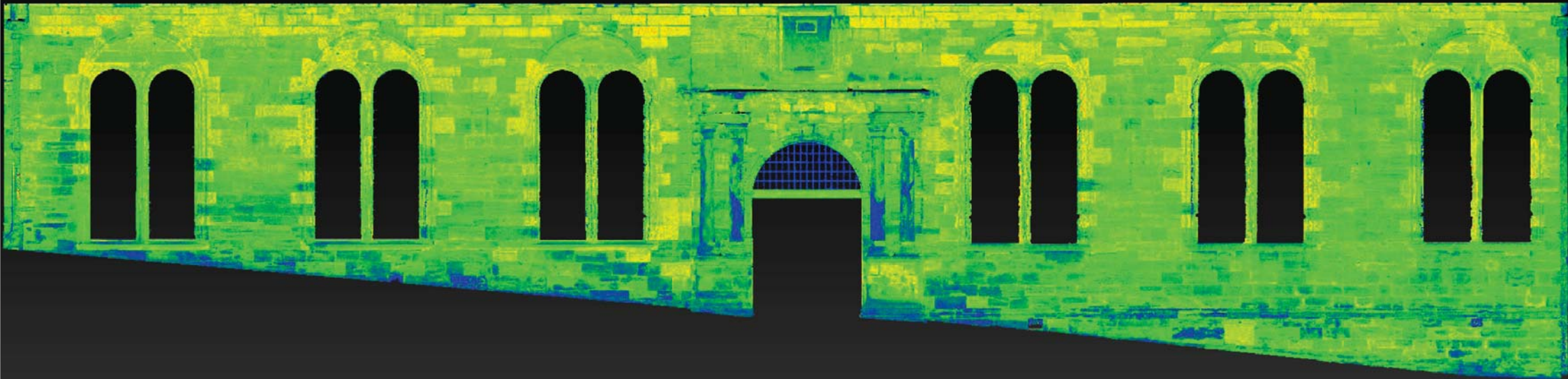


Clasificación de defectos



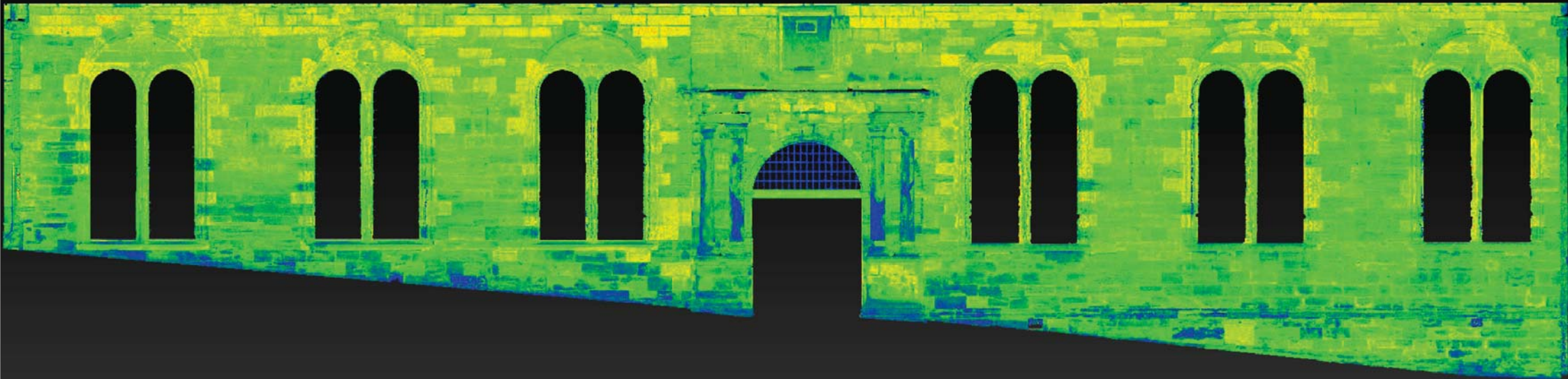


Clasificación de defectos





Clasificación de defectos

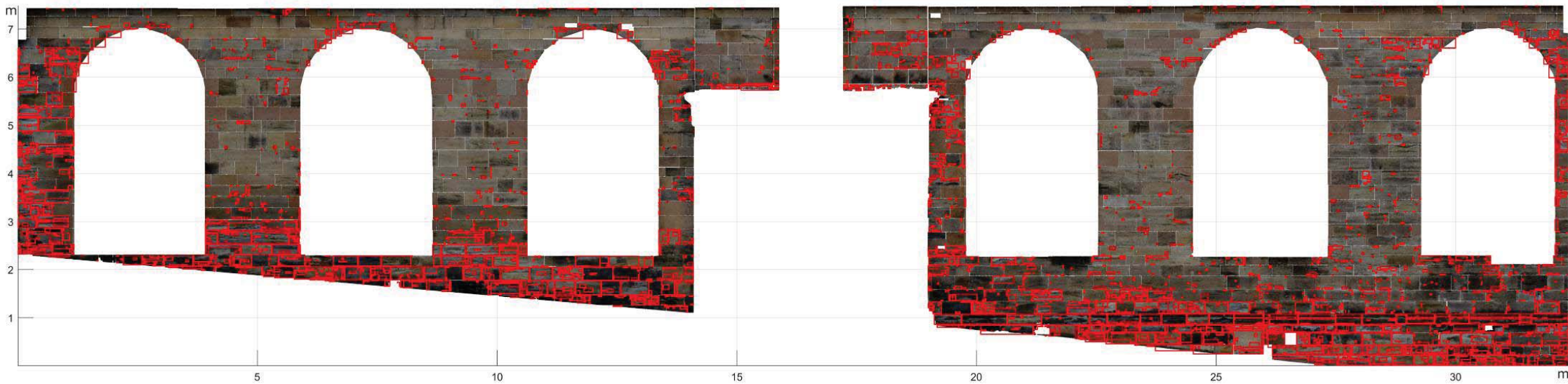




Clasificación de defectos



Erosión

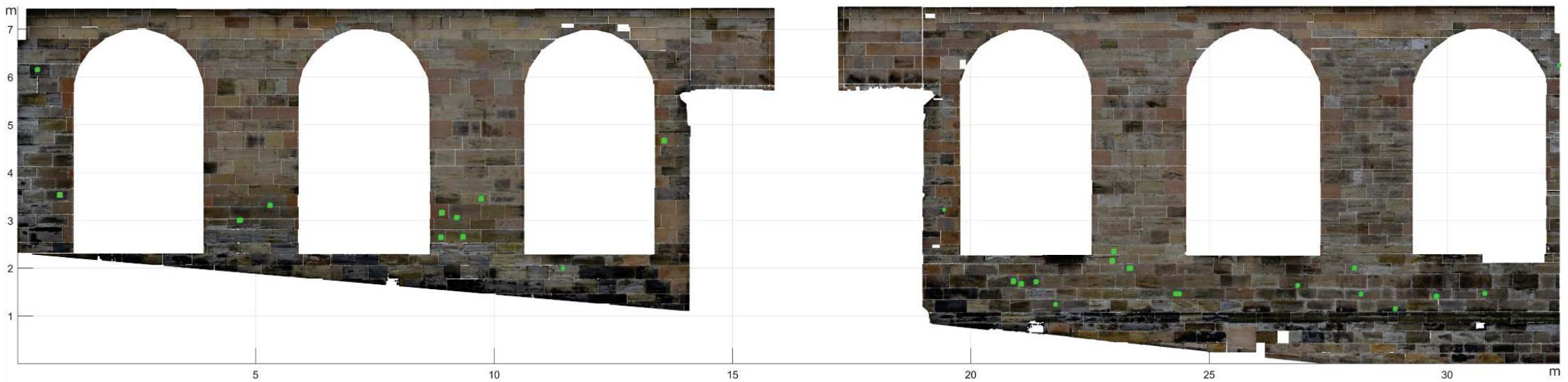




Clasificación de defectos



Daño mecánico

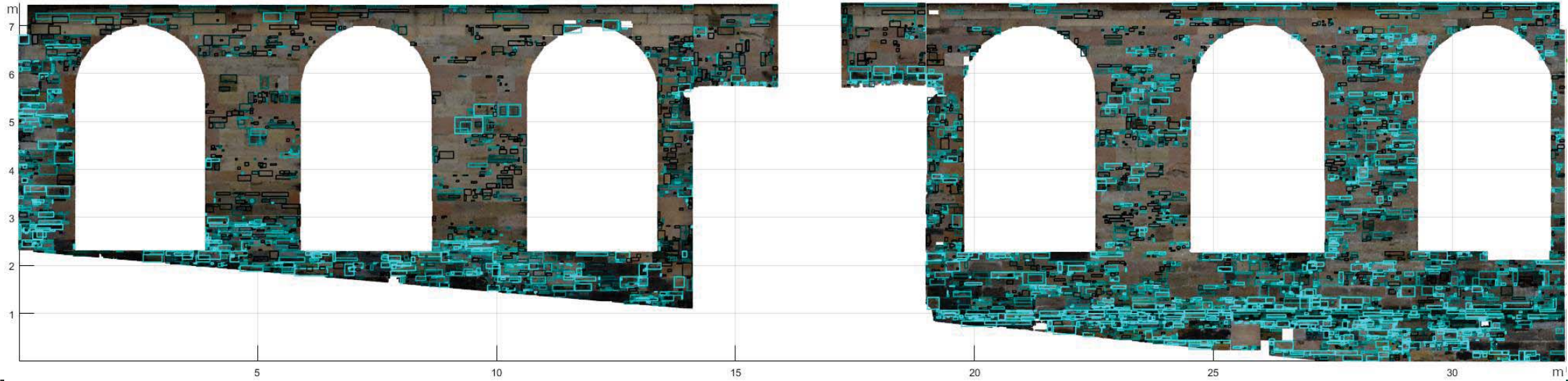




Clasificación de defectos



Decoloración



Detección y clasificación de defectos

- Aprendizaje profundo
 - Detección y clasificación de zonas afectadas por moho
 - Retinanet + COCO 2017. (Mohanty DD, 2020)

Detección y clasificación de defectos

- Aprendizaje profundo
 - Detección y clasificación de zonas afectadas por moho
 - Retinanet + COCO 2017. (Mohanty DD, 2020)



Detección y clasificación de defectos

- Aprendizaje profundo
 - Detección y clasificación de zonas afectadas por moho
 - Retinanet + COCO 2017. (Mohanty DD, 2020)

Detección y clasificación de defectos

- Vuelta a aprendizaje automático
 - Detección y clasificación de zonas con humedad
 - Análisis discriminante lineal + Máquinas de vectores de soporte
(Mohanty DD, 2020)

Detección y clasificación de defectos



- Vuelta a aprendizaje automático
 - Detección y clasificación de zonas con humedad
 - Análisis discriminante lineal + Máquinas de vectores de soporte
(Mohanty DD, 2020)



Agenda

1. Captura de la realidad
2. Procesamiento de datos
 - Segmentación
 - Detección y clasificación de defectos
3. Integración en procesos/modelos BIM

cyber
build



HISTORIC
ENVIRONMENT
SCOTLAND

ÀRAINNEACHD
EACHDRAIDHEIL
ALBA

Integración en modelos BIM





Integración en modelos BIM

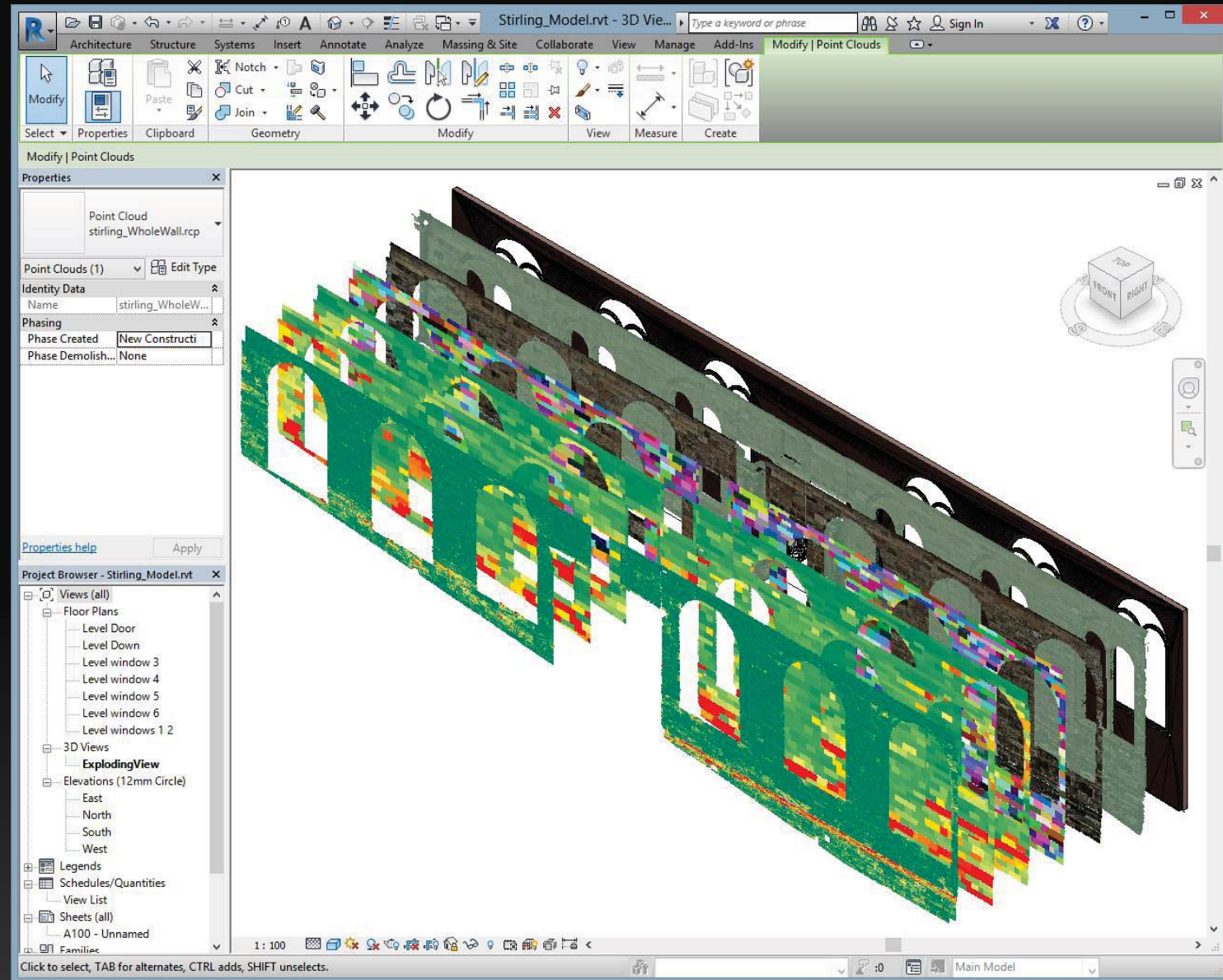


Modelos 3D



Integración en modelos BIM

Estructuras BIM para el almacenamiento de la información



Gracias por vuestra atención

