

TECNOPOLO

# Robot autonomi nei processi manifatturieri

SIRI - Corso Nazionale Automazione Industriale e Robotica  
Genova 28, 29 e 30 settembre 2022

## ABSTRACT

- Da alcuni anni MUSP si occupa di applicazioni di punta per la robotica industriale.
- Nella presentazione di oggi ci concentriamo su un aspetto che è stato sviluppato di recente relativo alla gestione industriale di un robot inserito in una cella di produzione. In particolare abbiamo sviluppato una macchina che non richiede programmazione da parte dell'operatore, ma che con un sistema di visione acquisisce i dati per scrittura dei suoi movimenti.
- Un secondo punto fondamentale per l'applicazione dei robot all'interno dei sistemi di produzione meccanica è la precisione di posizionamento e la precisione di controllo delle traiettorie. Anche questi sono temi di cui MUSP si sta attivamente occupando e ha già dimostrato che è possibile migliorare in modo significativo le prestazioni dei robot industriali, riducendo l'errore di posizionamento di due ordini di grandezza.
- MUSP è un consorzio di ricerca che raggruppa aziende e università che si occupa di innovazione nel campo delle macchine utensili e delle lavorazioni meccaniche.

## Chi siamo

- Nasce nel 2005 come Consorzio pubblico-privato di aziende, università, enti pubblici e associazioni
- Ha come obiettivo l'applicazione di tecnologie avanzate per la competitività delle aziende
- Collocato all'interno del Tecnopolo di Piacenza, sede di Casino Mandelli
- Staff di 20 persone
- Fatturato: 70% privato e 30% pubblico (dato 2020)



UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE

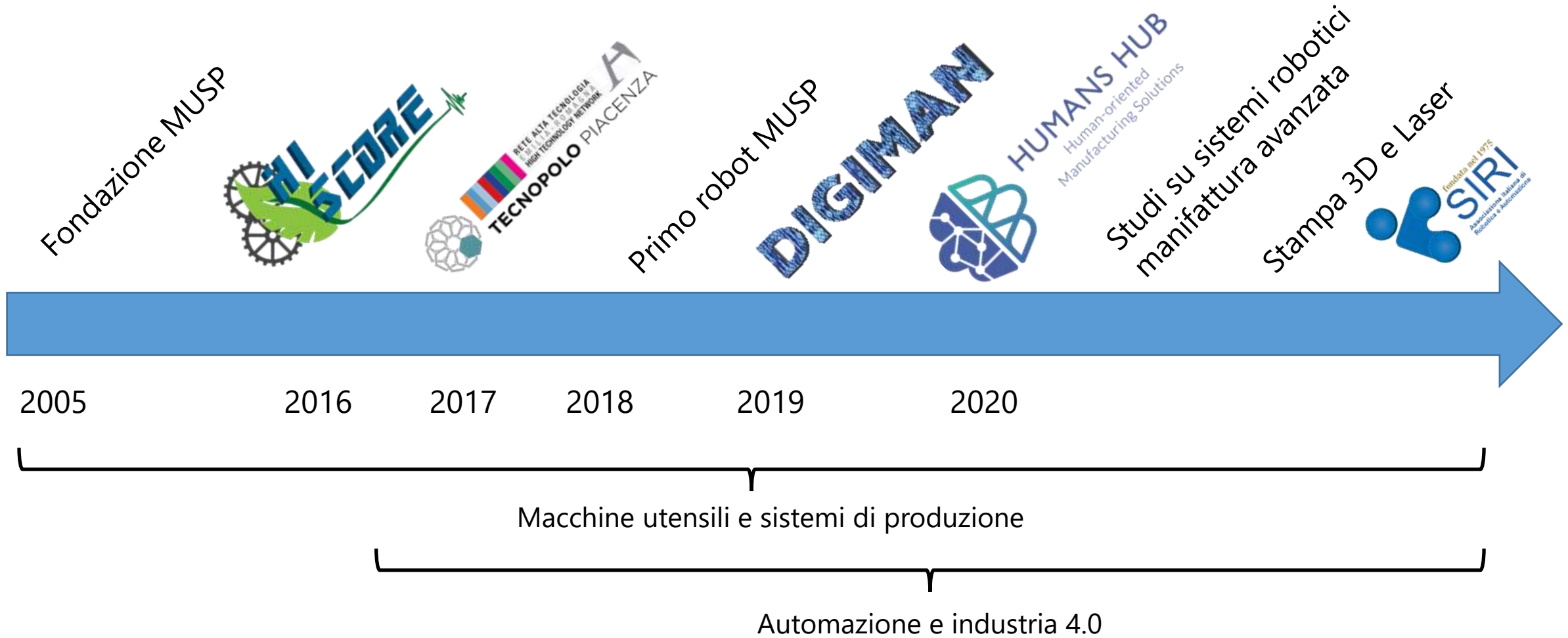
Camera di Commercio  
Piacenza



MECHANICS  
MATERIALS  
PLATFORM



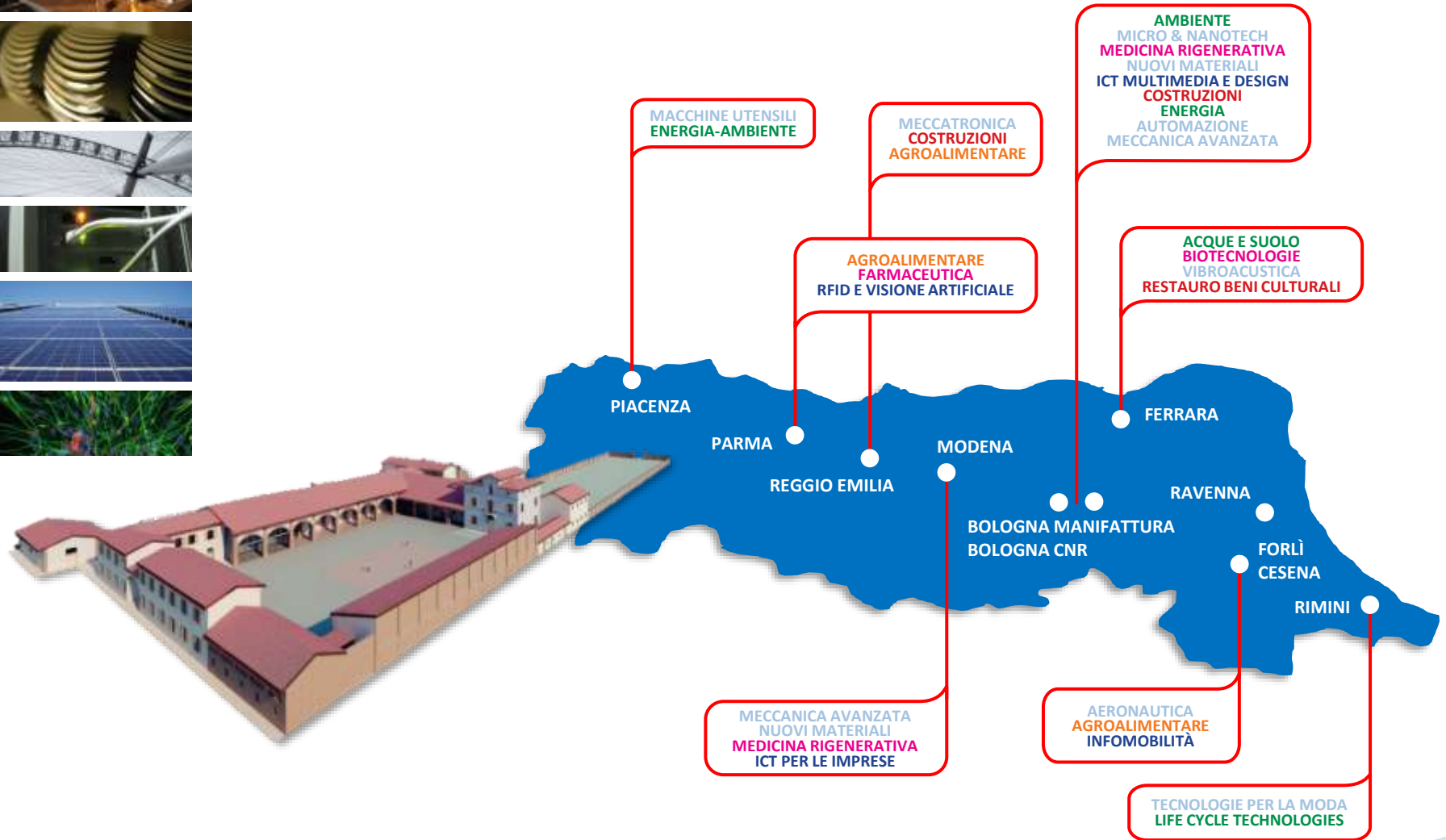
# Roadmap MUSP



# La Rete ad Alta Tecnologia

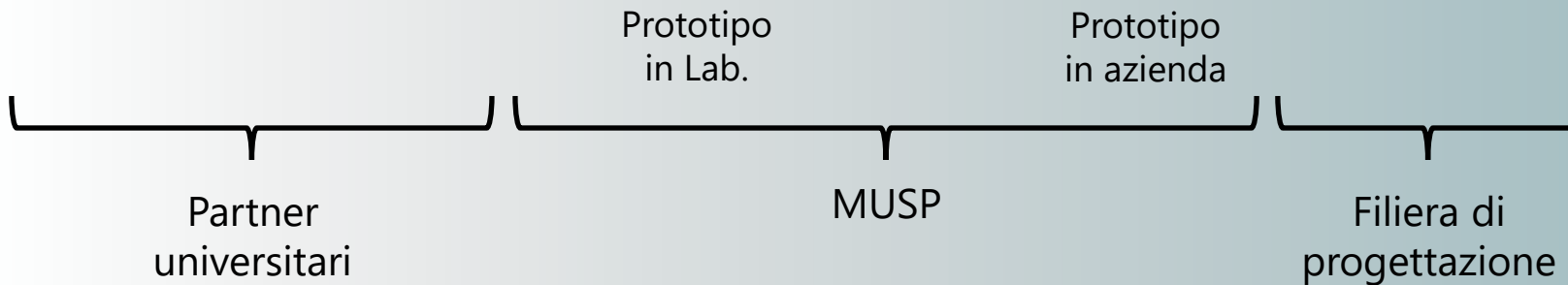
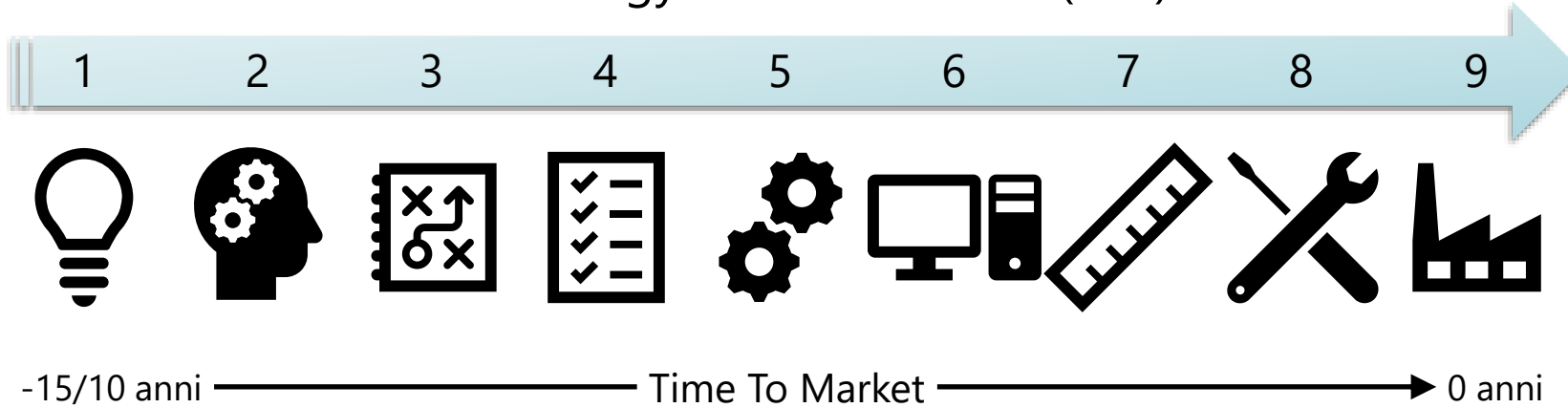
<b>AGRIFOOD PLATFORM</b>	
<b>MECHANICS MATERIALS PLATFORM</b>	
<b>CONSTRUCTIONS PLATFORM</b>	
<b>ICT AND DESIGN PLATFORM</b>	
<b>ENERGY ENVIRONMENT PLATFORM</b>	
<b>LIFE SCIENCE PLATFORM</b>	

6 Piattaforme 91 Laboratori 10 Tecnopoli



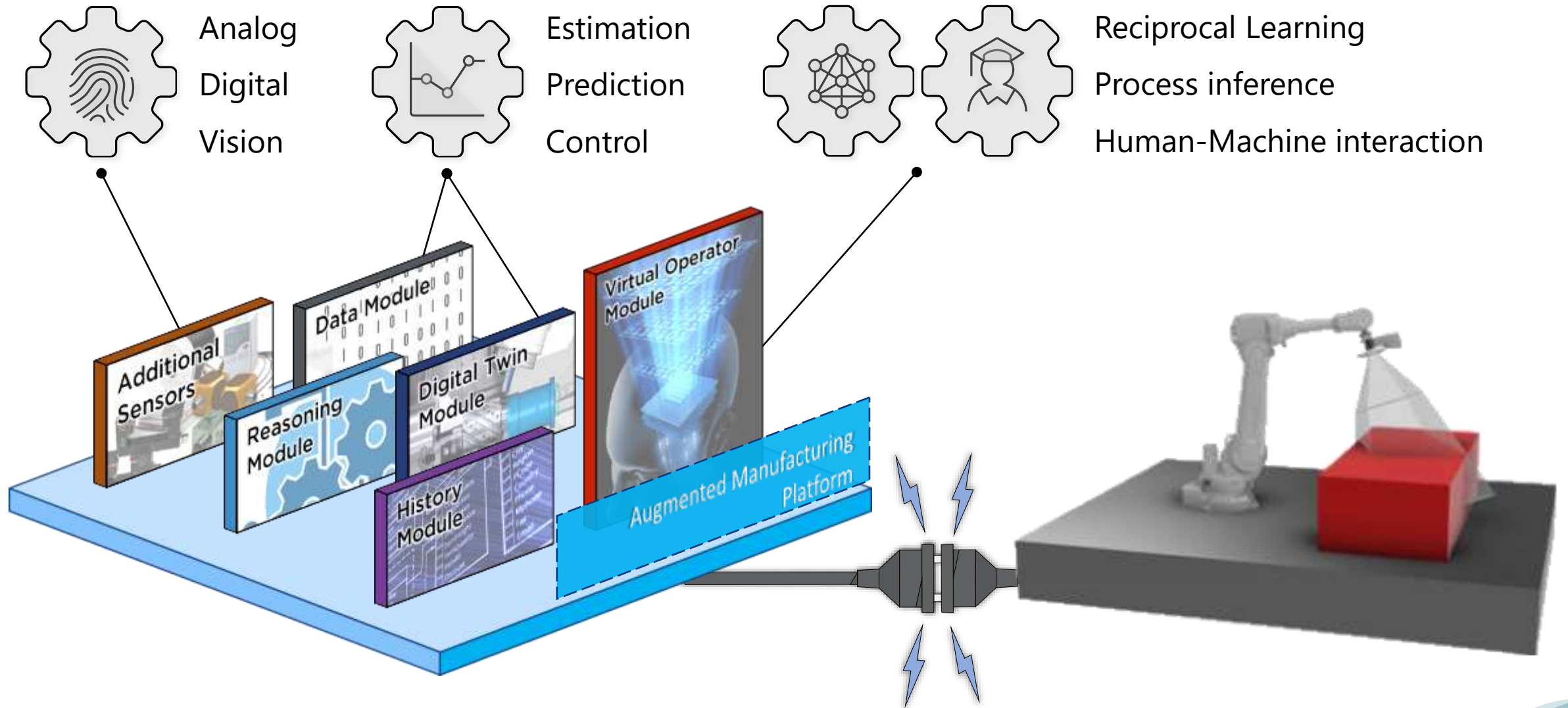
## Il processo di sviluppo di un prodotto/servizio – T.R.L.

Technology Readiness Level (TRL)



**Sviluppo Progetti e Prodotti**

# La nostra vision sull'Augmented Manufacturing Platform



## Manifattura autonoma - Concept



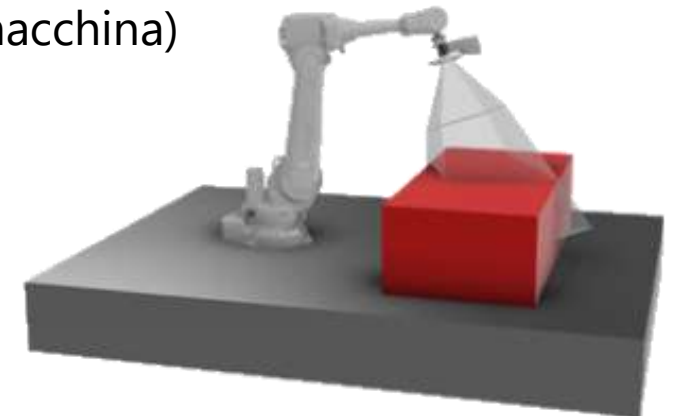


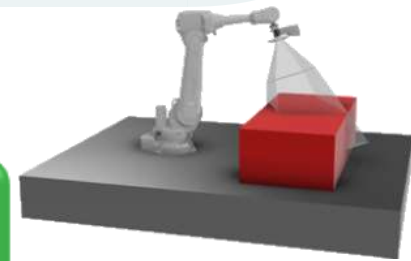
## Manifattura autonoma

Ciclo di lavorazione/rilavorazione di vari componenti meccanici che ne comprenda l'ispezione senza alcun intervento dell'operatore

### ***Peculiarità***

- Intelligente (in grado di riconoscere e gestire più particolari senza riprogrammazione)
- Flessibile (sostituzione della testa robot per effettuare più operazioni)
- Adattivo (in grado di confrontare il modello reale con la matematica ricevuta)
- Autonomo (con il supporto di un AGV in grado di alimentare la lavorazione, cambio teste automatizzato, capace di riconoscere rottura utensile)
- Semplice (il posizionamento del componente non richiede azzeramento della macchina)
- Integrato (dialogo continuo con gestionale)





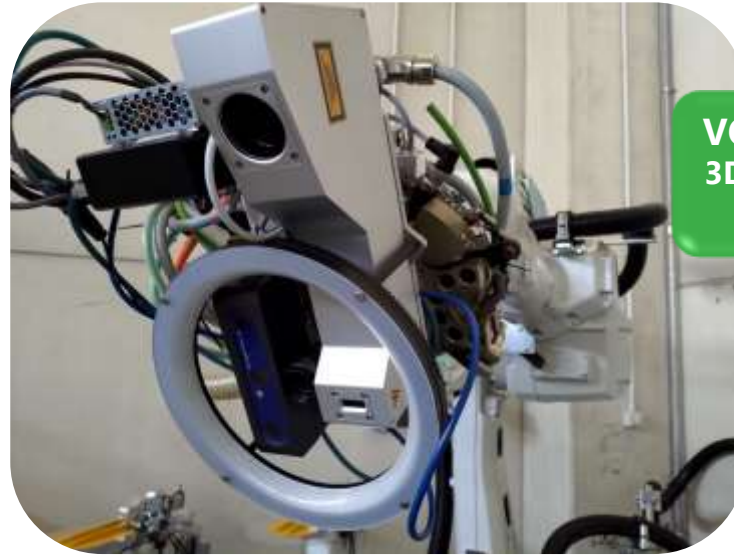
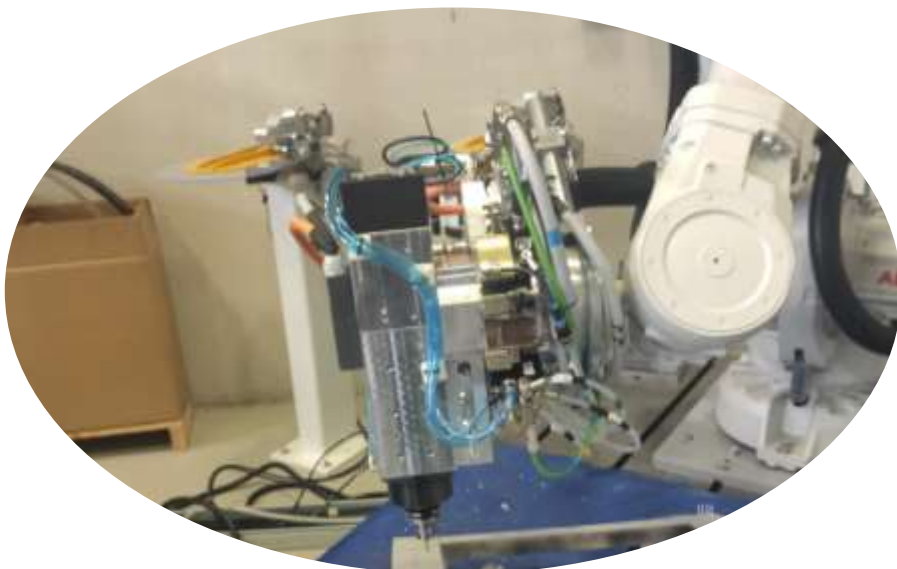
# Manifattura autonoma - Processo

## Informazioni di ingresso

- Modello CAD del pezzo da lavorare
- Pezzo posizionato nell'area di lavoro

## Specifiche processo

- Foratura con punte di diverso diametro
- Tolleranza di posizionamento < 2,5 mm



**VOLUME INSPECTION:  
3D CAMERA ACQUISITION**

↓ Low resolution point cloud

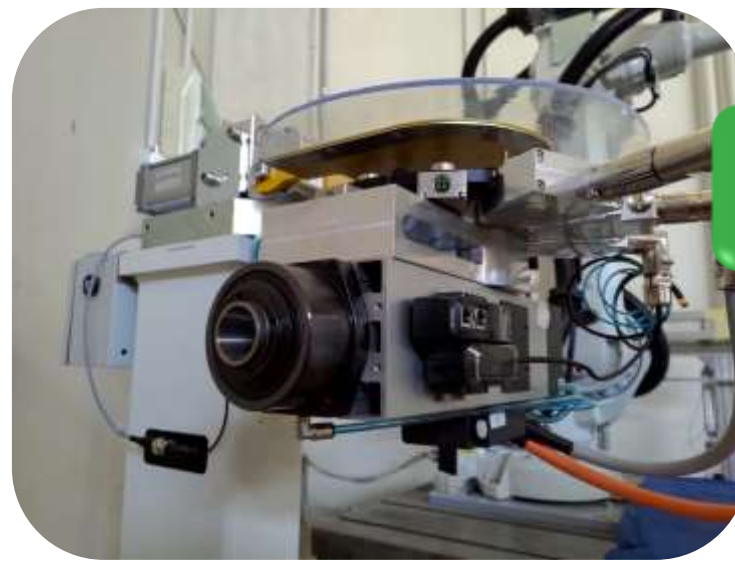
**CAD REGISTRATION**

↓ Point cloud – CAD alignment

**VOLUME INSPECTION:  
PROFILOMETER AND  
2D CAMERA**

↓ High resolution point cloud

**DRILLING PROCEDURE**



## Manifattura autonoma – Ispezione

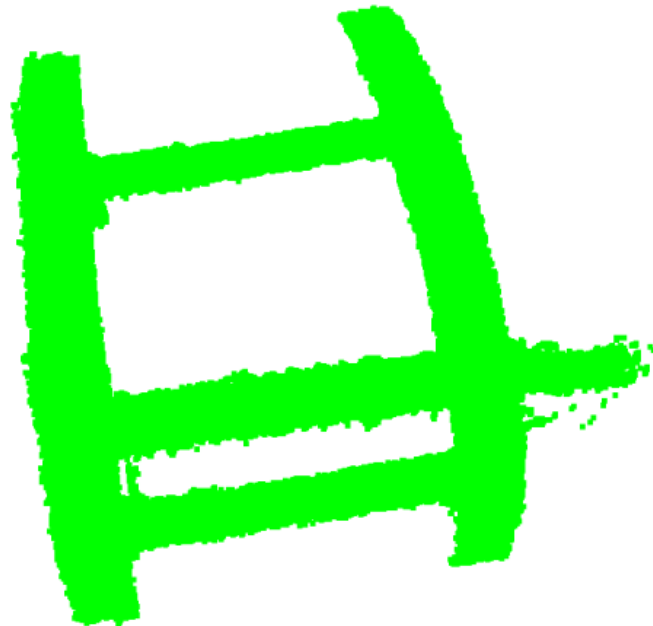
**VOLUME INSPECTION:  
3D CAMERA ACQUISITION**



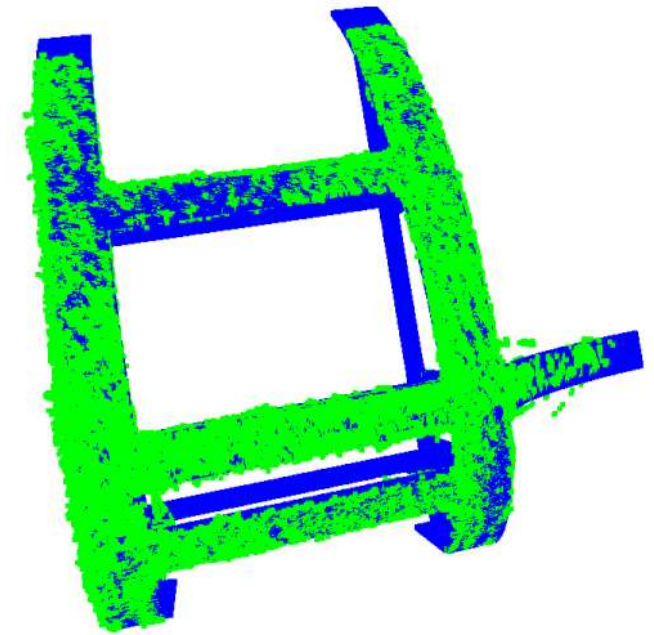
# Manifattura autonoma - Ispezione volume di lavoro con camera 3D

VOLUME INSPECTION:  
3D CAMERA ACQUISITION

CAD REGISTRATION



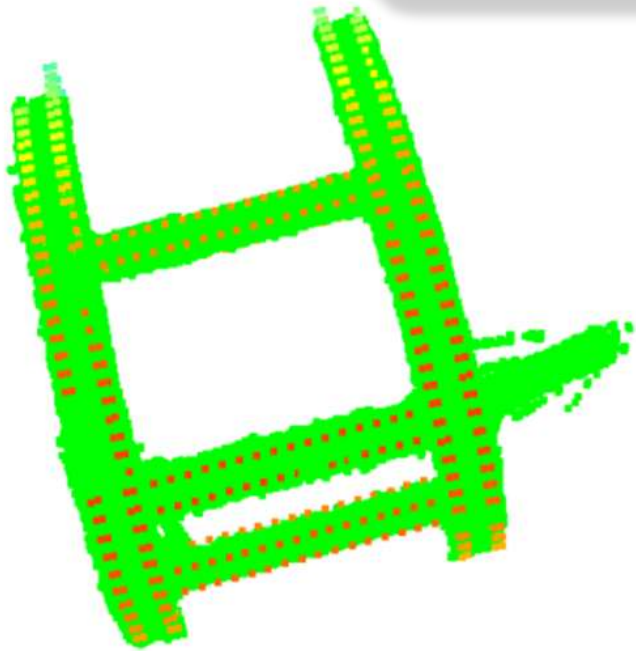
Low resolution point cloud



Point cloud - CAD alignment

## Manifattura autonoma – Scansione autonoma

VOLUME INSPECTION:  
PROFILOMETER AND  
2D CAMERA



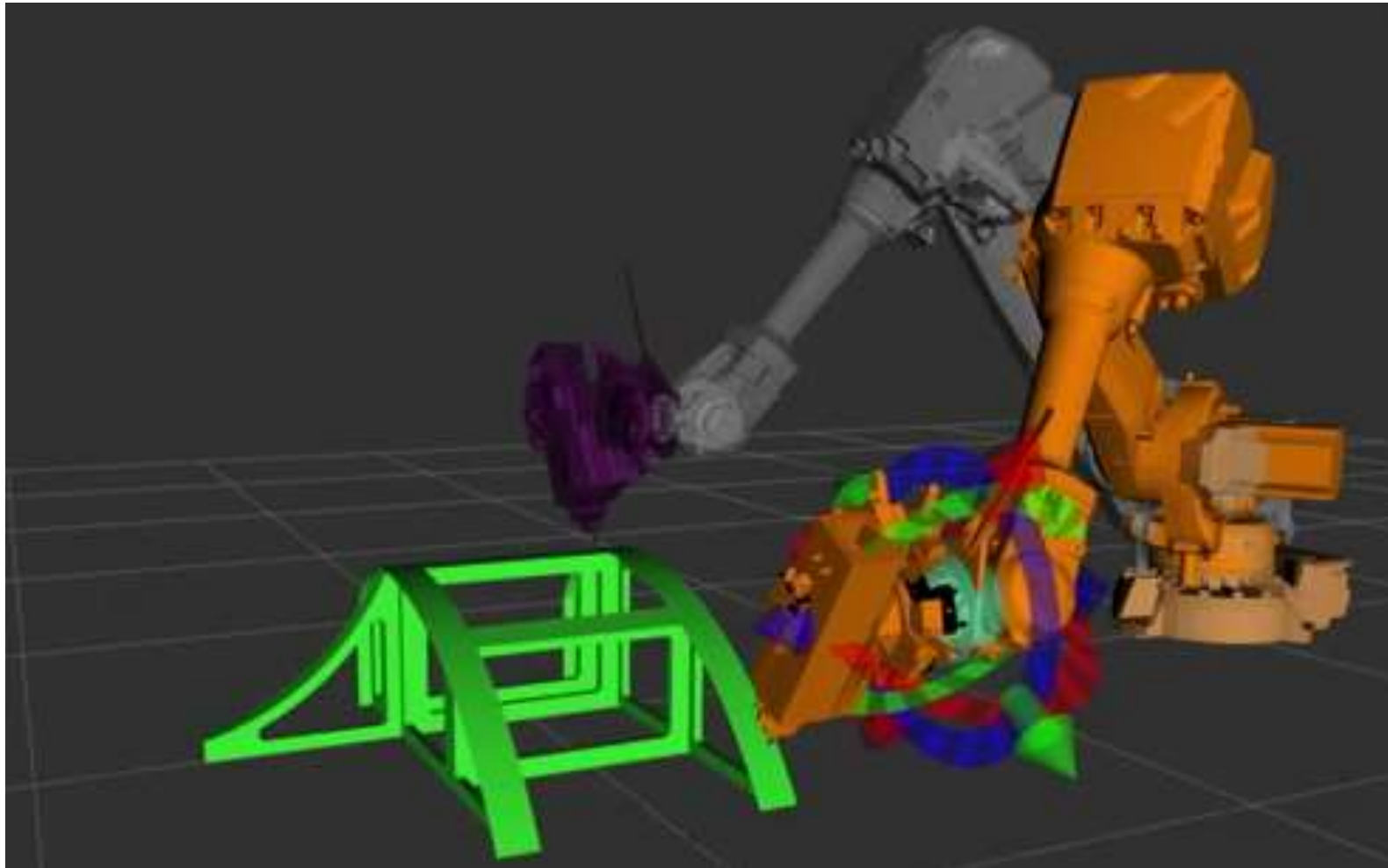
Target points



High resolution point cloud

## Manifattura autonoma – Path planning

Genera Automaticamente il Path per l'esecuzione dei fori ed evita le collisioni.



 **MoveIt**

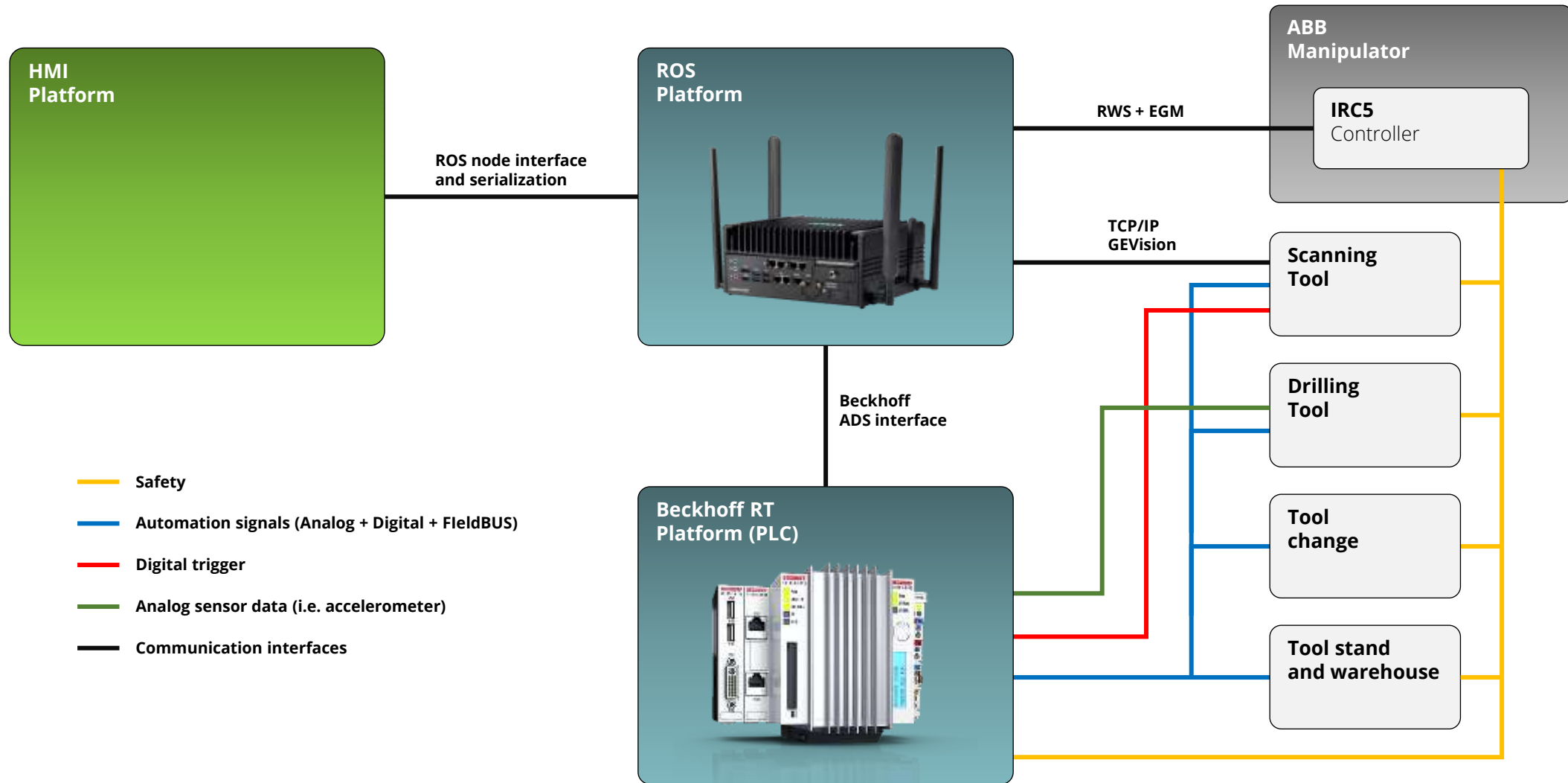
ros-industrial/  
abb\_experimental

## Manifattura autonoma – Lavorazione autonoma



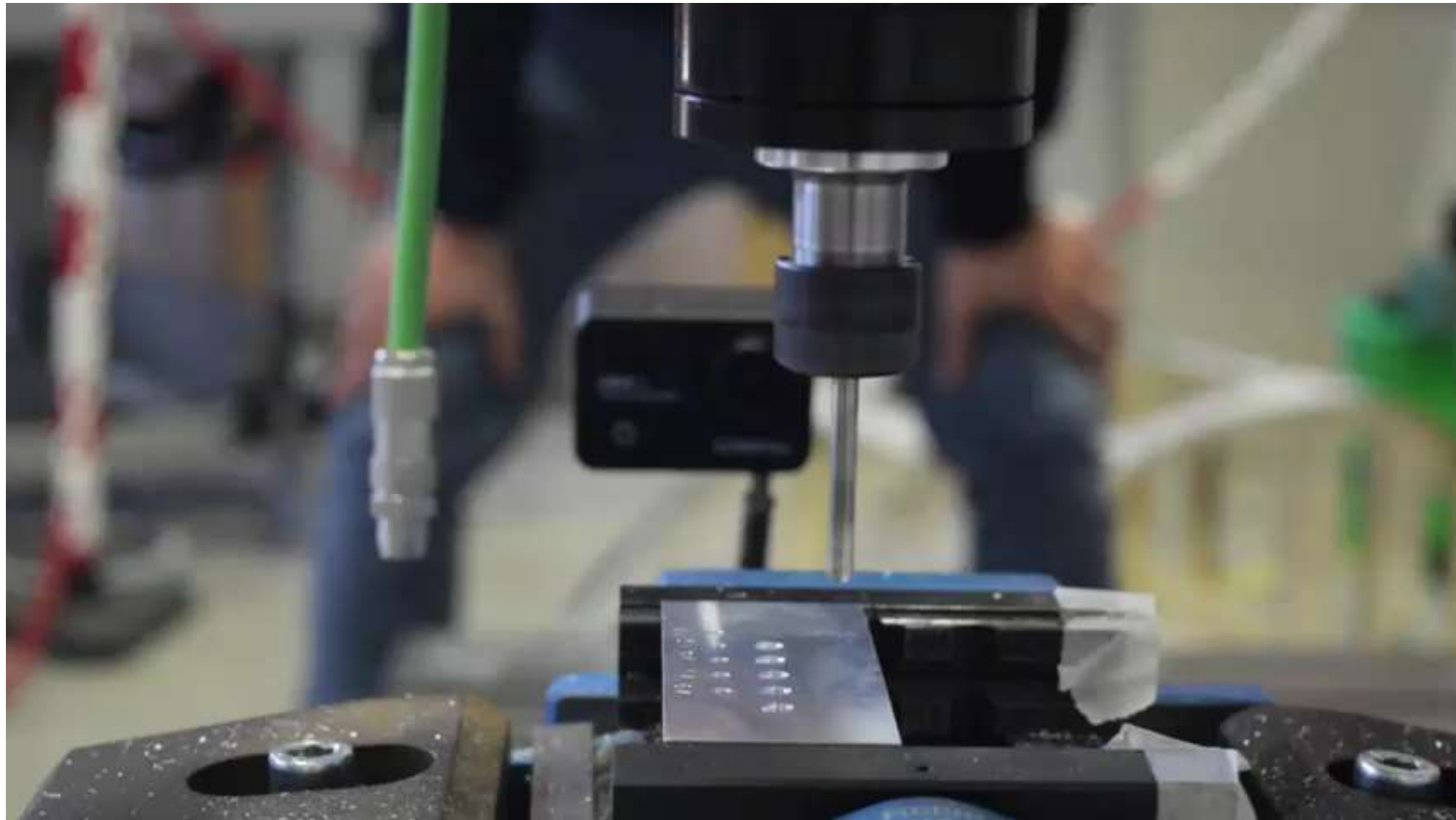
**DRILLING PROCEDURE**

# Manifattura autonoma - Struttura

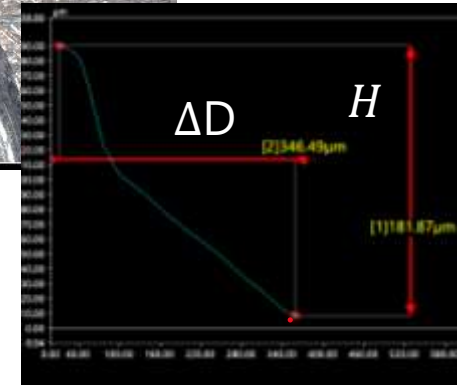
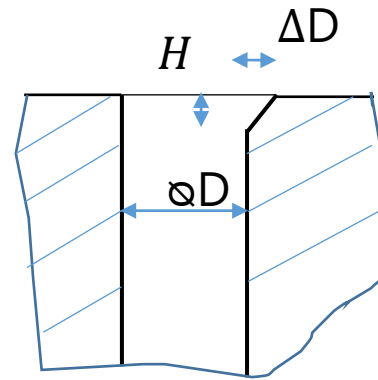
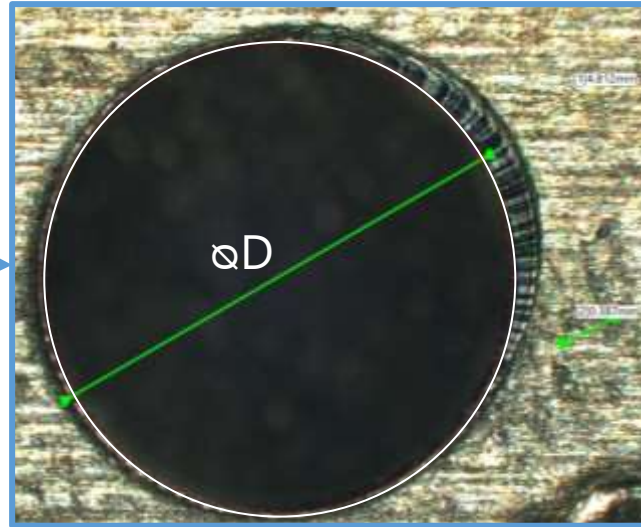
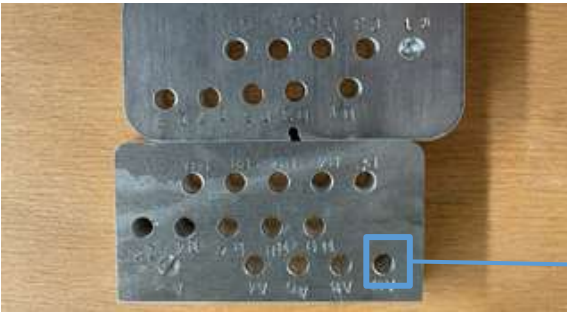




## Manifattura autonoma – Errore di foratura



# Manifattura autonoma – Errore di foratura



Acquired measurements:

- $\varnothing D$  hole diameter [mm]
- $\Delta D$  hole entry error [mm]
- $H$  hole entry error depth [mm]

	Measured diameter $D$ [mm]				Measured $\Delta D$ [mm]				Measured $H$ [mm]			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1	4.821	4.828	4.871	4.811	0.391	0.293	0.554	0.254	0.134	0.165	0.199	0.105
2	4.794	4.81	4.849	4.886	0.343	0.320	0.134	0.251	0.128	0.133	0	0
3	4.797	4.889	4.9	4.846	0.360	0.388	0.475	0.287	0.183	0.147	0.226	0.104
4	4.814	4.841	4.887	4.897	0.364	0.229	0.103	0	0.179	0.087	0	0
5	4.788	4.881	4.891	4.882	0.371	0.440	0.209	0.196	0.181	0.197	0.088	0.092
6	4.812	4.861	4.843	4.887	0.346	0.166	0	0.094	0.182	0.061	0	0
7	4.844	4.881	4.853	4.836	0.293	0.318	0.549	0.215	0.172	0.117	0.276	0.104
8	4.845	4.812	4.846	4.865	0.288	0.295	0.143	0.115	0.136	0.166	0	0
9	4.777	4.881	4.804	4.804	0.329	0.486	0.479	0.317	0.126	0.144	0.187	0.158
0	4.796	4.804	4.817	4.795	0.351	0.362	0.196	0.127	0.169	0.158	0.084	0.007

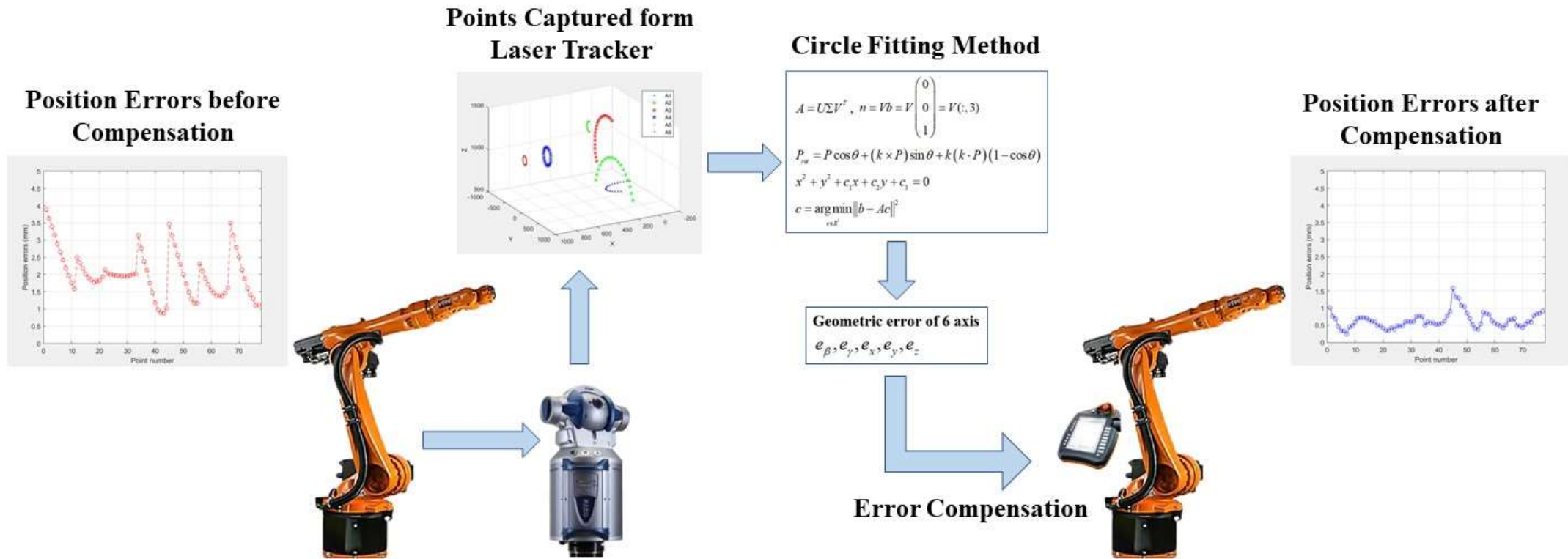
# Manifattura autonoma

## Limiti del sistema

- Accuratezza posizionamento
- Errore di inseguimento delle traiettorie

## Soluzioni in fase di sviluppo

- Modello dinamico inverso – modello analitico
- Mappa Compensazione errore di posizionamento – modello analitico



An Analysis of Joint Assembly Geometric Errors Affecting End-Effector for Six-Axis Robots - Robotics 2020, 9(2), 27; <https://doi.org/10.3390/robotics9020027>

## Manifattura autonoma

### *Limiti del sistema*

- Rigidezza del sistema
- Assi/azionamenti e sistemi di misura

### *Soluzioni in fase di sviluppo*

- Collaborazione allo sviluppo di un hardware con alte prestazioni

### *Specifiche del sistema*

Eseguire un'operazioni senza contatto

Precisione richiesta, al pezzo: 0,02 mm

### *Attività*

Progettazione della struttura del robot (FEA, multibody)

Progettazione del sistema di controllo

Integrazione delle tecnologie necessarie per il processo

Studio di un sistema di cinematica inversa idoneo



**Grazie per l'attenzione**



[massimiliano.mandelli@musp.it](mailto:massimiliano.mandelli@musp.it)