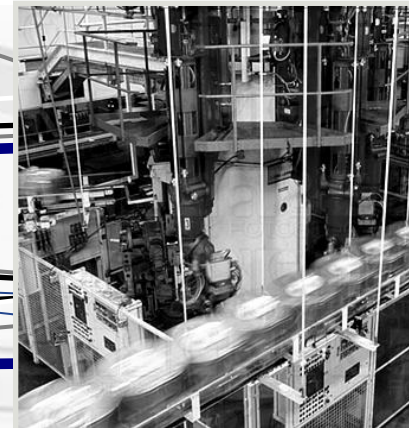
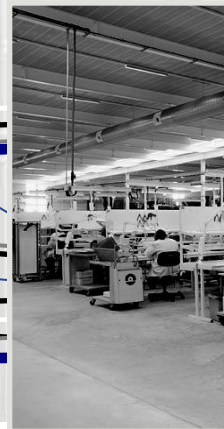




WELDING MILLING SYSTEM



1. Introducción

1. **Introducción**
2. Estudios Preliminares
3. Sistema corrección trayectoria
4. Integración

INTRODUCCIÓN – ANTECEDENTES

OBJETIVO DEL SISTEMA

La necesidad surge de realizar un acabado estético en una pieza soldada en el que la soldadura está cara vista.

El sistema realiza el mecanizado del cordón de soldadura en automático

TIPO DE PIEZA

La zona de unión está en una parte muy visible para el cliente PIEZA ESTÉTICA.

RETOS A ACOMETER

Eliminar el máximo de cordón posible

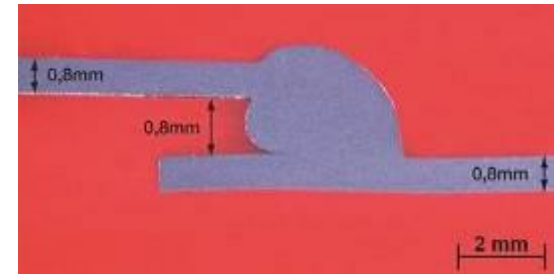
No dañar la pieza

Adaptarse a la tolerancia geométrica de las piezas

Adaptarse a la tolerancia de posicionamiento en el medio

Trabajar con espesores de piezas de 0,7mm.

Garantizar la planitud entre fases



INTRODUCCIÓN – PROCESO MANUAL

REALIZADA POR OPERARIO EN 3 ETAPAS



Pieza Original



Pieza Acabada

1

**Lijado Desbastado
Cordón**

Consiste en un desbaste grueso cuyo objetivo es eliminar el máximo de material del cordón

2

**Desbastado Fino
Cordón**

Consiste en un trabajo de igualar las superficies a un lado y al otro. Ojo a la deformación térmica

3

**Acabado superficial
Pulido**

El retoque final de la pieza para conseguir una continuidad entre las 2 superficies soldadas

INTRODUCCIÓN – JUSTIFICACIÓN SISTEMA ROBOT

Que aporta el sistema eliminación cordón soldadura

- **Ergonomía:** Mejora de la penosidad del puesto. Se reduce el tiempo de procesado manual.
 - Vibraciones
 - Esfuerzos
 - Polvo en suspensión
- **Costes Material:** Ahorro en material lijado.
- **Calidad:** Las piezas mecanizadas previamente tienen un mayor espesor que las que solo se realiza el eliminación manual. El operario para eliminar el cordón sin mecanizar desbasta partes de la pieza que posteriormente deben ser igualadas mediante lijado, con lo cual el espesor final es menor.
- **Tiempo ciclo:** Se reduce el tiempo de proceso por pieza.



INTRODUCCIÓN – PROCESO MANUAL

CUALES DE ESTAS 3 ETAPAS ES INDUSTRIALIZABLE?

		Necesidades	Factibilidad Industrial	
1	Lijado Desbastado Cordón + pieza	Eliminar el máximo de cordón No tocar la pieza		Depende de la exigencia
2	Desbastado Fino Cordón	Igualar superficie Garantizar no dañar la pieza		
3	Acabado superficial Pulido	No dañar la pieza Igualar planitud		

Estudios Preliminares

1. Introducción
2. **Estudios Preliminares**
3. Sistema corrección trayectoria
4. Integración

ESTUDIOS PRELIMINARES – OBJETIVOS DEL SISTEMA

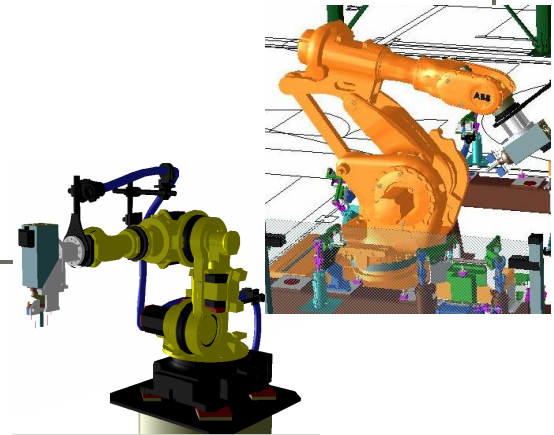
Sistema debe eliminar el **máximo material** sobrante del cordón soldadura del panel de lado del vehículo

El sistema debe ser capaz de adaptar la trayectoria a la pieza de manera que se elimine la mayor cantidad de material

Integrable en un sistema robotizado

No se puede dañar la pieza

Consumibles estándar , durables y económicos



ESTUDIOS PRELIMINARES – SELECCIÓN TECNOLOGÍA

MECANIZADO. DESBASTADO

Fresado Frontal

Accesibilidad: Accesible en zonas planas y curvas

Calidad: Acabado estético permisible en todas las zonas del cordón

Control proceso: Es posible integrar un control sobre la posición de la fresa

Consumibles Muy alta durabilidad de la plaquita.

Repetibilidad Necesaria incorporación de un Sistema que garantice el control de distancia entre robot y pieza



Fresado Tangencial

Accesibilidad: No existe accesibilidad a zonas curvas o en zonas de cambio de plano

Calidad: Acabado estético adecuado en todas las zonas del cordón planas

Control proceso: Es difícil integrar un control sobre la posición de la fresa

Consumibles Durabilidad alta de la fresa cónica

Repetibilidad Necesaria incorporación de un Sistema que garantice el control de distancia entre robot y pieza



ESTUDIOS PRELIMINARES – SELECCIÓN TECNOLOGÍA

ACABADO SUPERFICIAL

Lijado Banda:

Accesibilidad No existe accesibilidad en zonas planas con acceso limitada

Calidad Constante y estéticamente buena

Control proceso Dificultad de integrar un control trayectoria

Consumibles Durabilidad Media de la banda abrasiva baja

Repetibilidad Alta debido a la absorción de tolerancias de la banda de lijado



Lijado Disco:

Accesibilidad Accesible a toda la zona del cordón

Calidad: Buena en todas las zonas del cordón.

Control proceso Dificultad de integrar un control de trayectoria

Consumibles Durabilidad Media de la banda abrasiva baja

Repetibilidad muy mala y con muy poca absorción de tolerancias



ESTUDIOS PRELIMINARES – SELECCIÓN TECNOLOGÍA

CONCLUSIONES

MECANIZADO

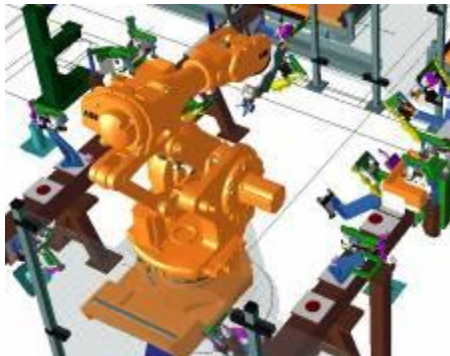
Es posible utilizar un sistema de mecanizado controlado por un Robot para realizar la eliminación de material sobrante sin realizar un daño a la pieza.

El sistema que utiliza la fresa tiene mayores prestaciones debido a la capacidad e eliminación de material y la posibilidad de control y aseguramiento de la trayectoria

LIJADO

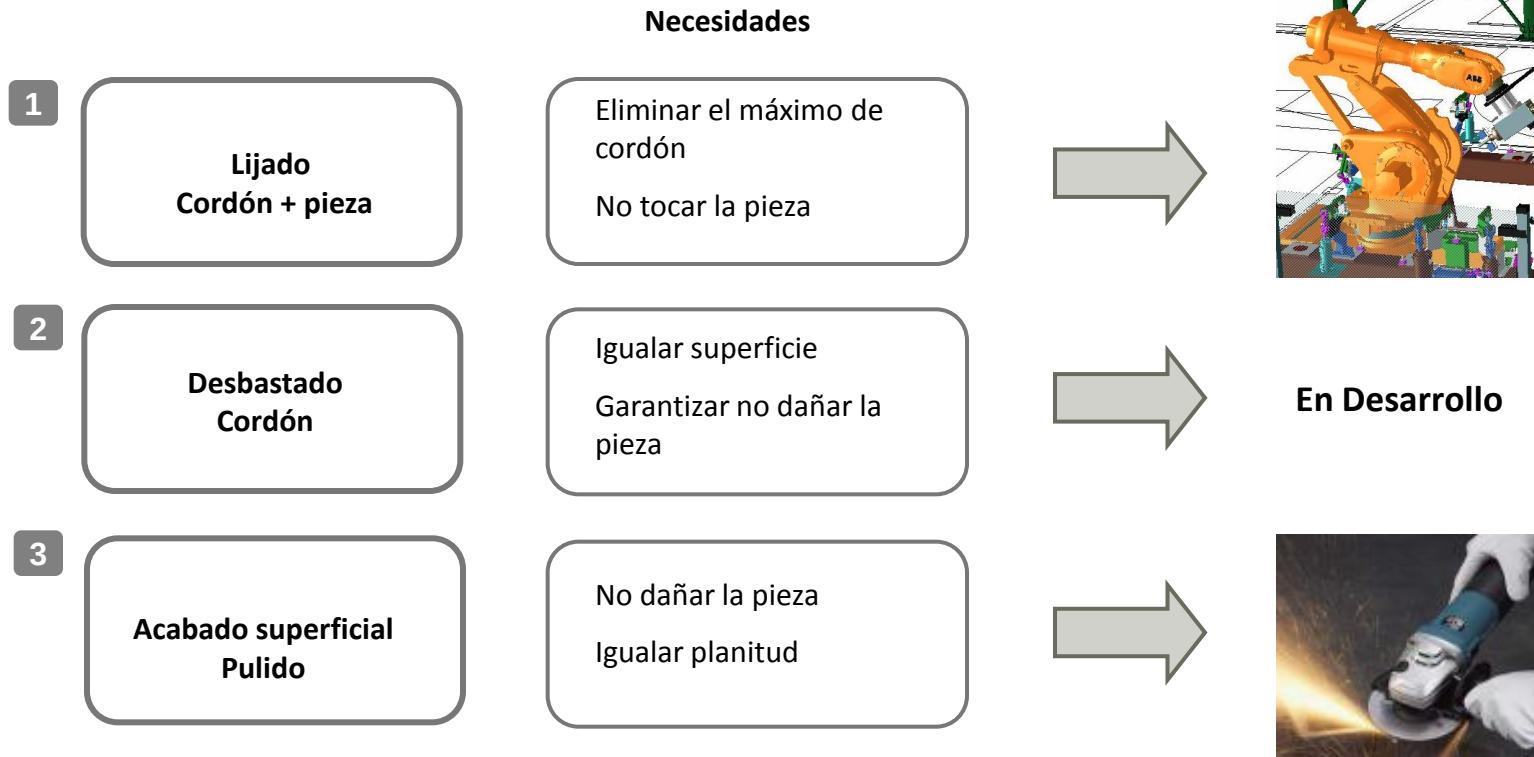
Es posible realizar un sistema de lijado en automático utilizando el sistema de banda. Se ha de trabajar en la prolongación de la vida del abrasivo o buscar la manera de realizar un cambio rápido de utillaje

En ambos casos es necesario la incorporación de un Robot que maneje los elementos de mecanizado



ESTUDIOS PRELIMINARES. SELECCIÓN TECNOLOGÍA

INDUSTRIALIZACIÓN



ESTUDIOS PRELIMINARES. ADAPTACIÓN DE LA TRAYECTORIA

A la hora de pensar en la industrialización de un sistema se han de tener en cuenta las dificultades inherentes a un sistema de Mecanizado

NECESIDAD DE ADAPTACIÓN A LAS DIFERENCIAS DIMENSIONALES DE LAS PIEZAS DEBIDAS A LA TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

Esta necesidad se debe a que se producen errores de diferentes tipos

En el proceso de estampación de la chapa

En el proceso de posicionamiento relativo entre piezas

Al final de proceso de soldadura debido a la deformación térmica. Sobre todo en chapas de pequeño espesor

NECESIDAD DE ADAPTACIÓN A LAS DIFERENCIAS DEBIDO A LA TOLERANCIA EN EL POSICIONAMIENTO

Es necesario garantizar la repetibilidad del posicionamiento de pieza pero todo sistema tiene tolerancias que han de ser absorbidos.

ESTUDIOS PRELIMINARES. ADAPTACIÓN DE LA TRAYECTORIA

Por los motivos anteriores se plantean diferentes sistemas de compensación para el proceso

TRAYECTORIA FIJA. AJUSTE DEL SISTEMA DE REFERENCIA

El robot ejecuta una o varias trayectorias para realizar el mecanizado. Estas trayectorias están referenciadas a uno o varios SISTEMAS DE COORDENADAS

A través de la medición de puntos clave de la pieza por un SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL, se calcula la posición de estos SISTEMAS DE COORDENADAS. De esta forma las trayectorias se reorientan en función de la posición de la pieza.

CONSTRUCCIÓN DE LA TRAYECTORIA DE MECANIZADO MEDIANTE ESCANEEO DE LA PIEZA

El robot ejecuta una trayectoria previa de escaneado de las zonas a mecanizar. La información 3D obtenida mediante un SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL es procesada y se genera una trayectoria de mecanizado.

AJUSTE CONTINUO DE UNA TRAYECTORIA NOMINAL DE MECANIZADO EN FUNCIÓN DE LA DISTANCIA DE LA FRESA A LA PIEZA

El robot ejecuta una trayectoria nominal de mecanizado. Dos SENSORES LÁSER situados a cada lado de la fresa proporcionan la información de la distancia de la fresa a la pieza. La información de los sensores es procesada y la corrección de trayectoria calculada es enviada al robot.

ESTUDIOS PRELIMINARES. ADAPTACIÓN DE LA TRAYECTORIA

CUALES DE ESTAS 3 ETAPAS ES INDUSTRIALIZABLE?

1

**Trayectoria Fija
Ajustes de referencia**

No aporta solución al proceso dado que la variabilidad está en el posicionamiento



Factibilidad Industrial

2

**Trayectoria tras Escaneo
de la pieza**

En algún tipo de trabajo es una solución. Penaliza el tiempo de ciclo



Depende de la exigencia

3

**Ajuste continuo
de trayectoria**

Es la solución más adecuada para la mayoría de problemas



ESTUDIOS PRELIMINARES. SELECCIÓN DE UN ROBOT

QUE SOLUCIÓN ROBÓTICA NECESITAMOS

PRECISIÓN Se necesita que sea un Robot Preciso

REPETIBILIDAD Las trayectorias han de ser repetitivas.

CAPACIDAD DE ESFUERZO El Robot va a tener una capacidad de esfuerzo o de fuerza no solo para transportar el conjunto sistema de Lijado como para hacer el esfuerzo de mecanizado

ALCANZABILIDAD Se refiere a la capacidad de adaptarse a las superficies sobre las que trabajar tanto en distancia como en orientación

La alcanzabilidad no solamente dependerá del robot si no que se tendrá en cuenta el paquete energético (Conjunto de cables que van a la cabeza motora para el gobierno del sistema)

Para mejorar la alcanzabilidad se puede utilizar una realza.

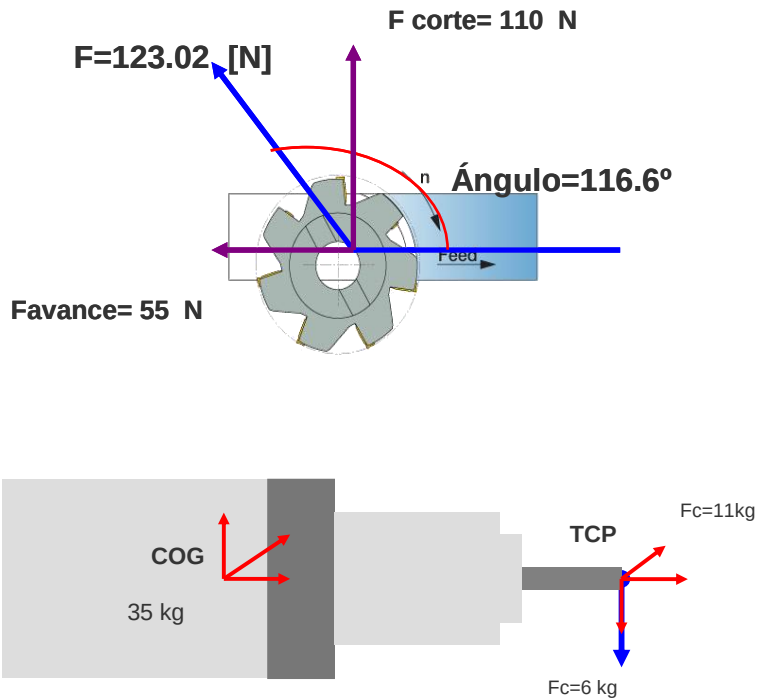


ESTUDIOS PRELIMINARES. SELECCIÓN DE UN ROBOT

Information para el cálculo

Velocidad de avance: 4.5 mm/s

Profundidad corte: 2 mm



$$\sum \text{forces} = (35 + 12,3) * 1.2 = 57 \text{ Kg}$$

Valores con fuerza debida al mecanizado:

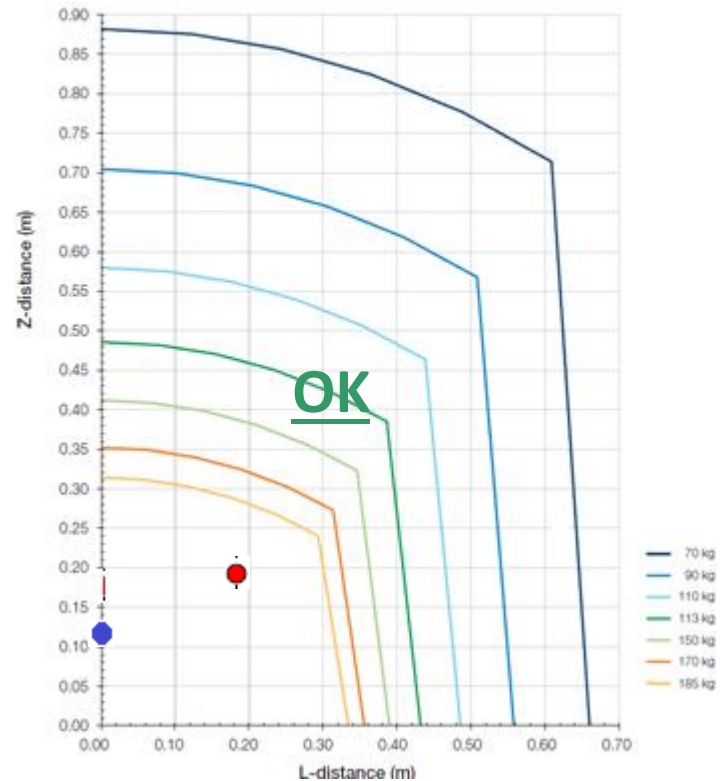
- Forces=57 kg.

Valores en Estático:

- Forces=35 kg.

IRB 6660-205/1.9

Sensor: 3,3kg, Length 57,13 mm; Armload: Upperarm 10kg, Wrist 2 kg



ESTUDIOS PRELIMINARES. SELECCIÓN DE UN ROBOT

Descripción	IRB 6400R/2,5-120	IRB 6600 208/1,9	IRB4400/45	IRB 4400/60
Exactitud de Pose		0,05	0,04	0,12
Repetibilidad de Pose	0,1	0,07	0,04	0,19
Tiempo de estabilización de pose Pst	0,35		0,18	0,27
Exactitud de trayectoria	2,1	1,88	0,47	0,56
Repetibilidad de trayectoria	1	0,88	0,13	0,56
Payload	120 kg	205 kg	45 kg	60 kg
ArmLoad	50+320 kg	15+500kg on frame	on axis 2, 35 kg on axis 3, 15 kg on axis 4, 0-5kg	on axis 2, 35 kg on axis 3, 15 kg on axis 4, 0-5kg

	AB B IRB 6660	FANUC R2000iB
Modelo	205/1,9	165F y 210F
Peso	1730 kg	1170kg/1240 kg
Carga útil	205 kg	165 kg/210kg
Repetibilidad	0,07-0,11mm	0,2 y 0,3 mm
Exactitud	0,5mm media	No existen datos
Alcance	1900 mm	2655 mm

Sistema corrección trayectoria

1. Introducción
2. Estudios Preliminares
- 3. Sistema corrección trayectoria**
4. Integración

SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. NECESIDAD

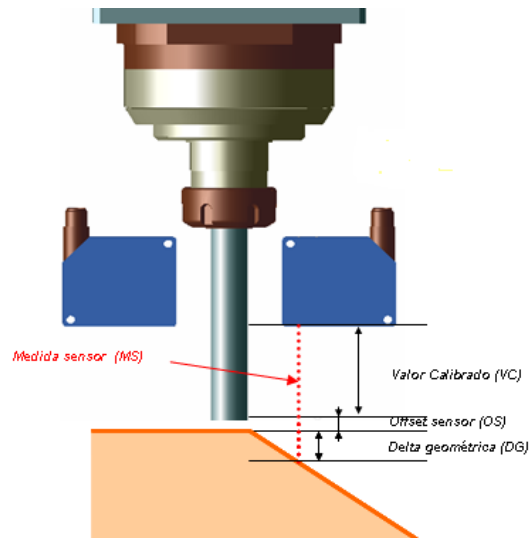
Debido a las dispersiones geométricas de la pieza y las tolerancias de posicionamiento en el medio es necesario proporcionar al robot un sistema que le permita modificar la trayectoria de mecanizado para:

Evitar dañar a la pieza durante el fresado

Asegurar un buen acabado, eliminando el máximo de material del cordón de soldadura

Sistema corrección trayectoria

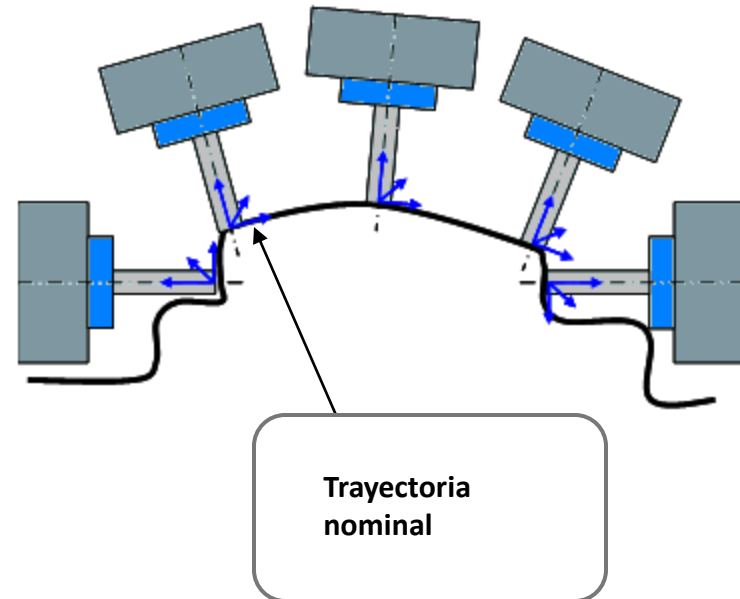
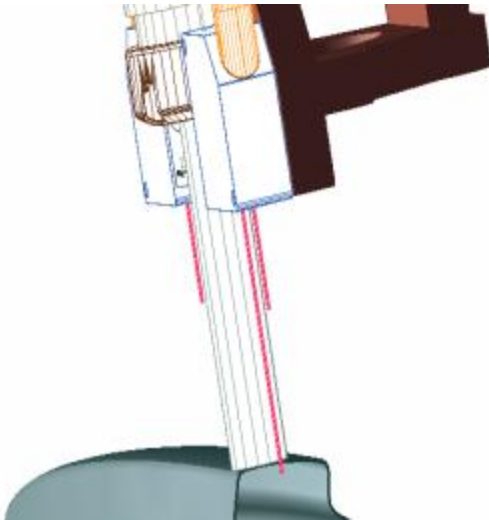
Corrige el movimiento del robot de acuerdo con la información proporcionada por los sensores láser, los cuales realizan la medición de la posición de la fresa respecto a la pieza. La información de los sensores es procesada y la corrección de trayectoria calculada es enviada al robot



SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. TRAYECTORIA NOMINAL

La trayectoria nominal se crea a partir del CAD de la pieza. mediante softwares como DELMIA Robotics o Robcad.

La trayectoria creada debe mantener la perpendicular de la fresa a la superficie de la pieza a lo largo de toda la trayectoria.



SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. ENTRADAS AL SISTEMA

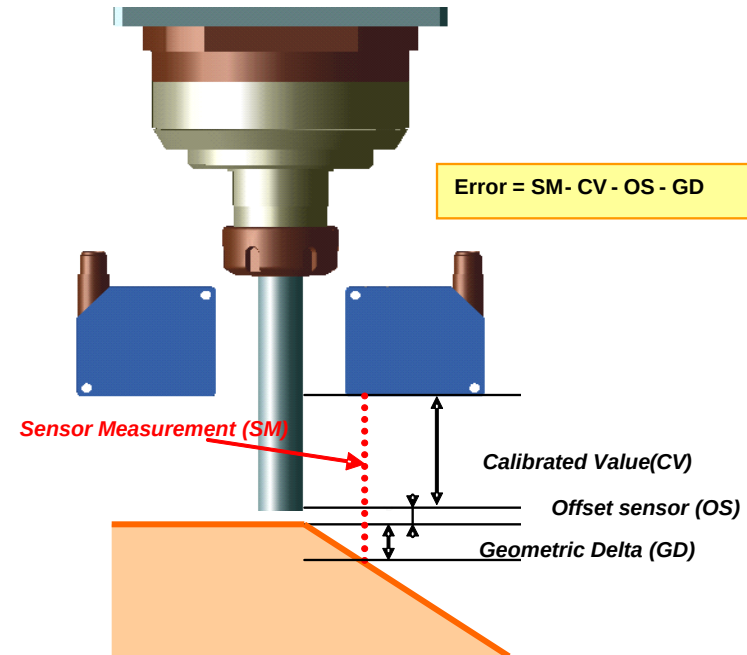
Así que para realizar la trayectoria de desplazamiento, el sistema necesita la siguiente información en cada punto de la trayectoria:

La medición del sensor (SM)

Delta Geométrica (GD) Offset interno que correla la medición del sensor con el valor de distancia de la planta con la pieza de trabajo en el punto de mecanizado. Se puede modificar en el programa de robot. Distancia entre el TCP y la superficie a trabajar

Sensor Offset (SO) Offset para trabajar con el grosor del Robot. Se puede ajustar el cambio de trayectoria de fresado. Se aplica a todos los puntos de la ruta. Hay uno para cada modelo de vehículo y es idéntica para ambos sensores. Puede ser modificado

Valor calibrado (CV) Distancia medida entre la punta del molino y los sensores láser en el proceso de calibración de sensores láser. Este valor se actualiza con las recalibraciones del TCP.

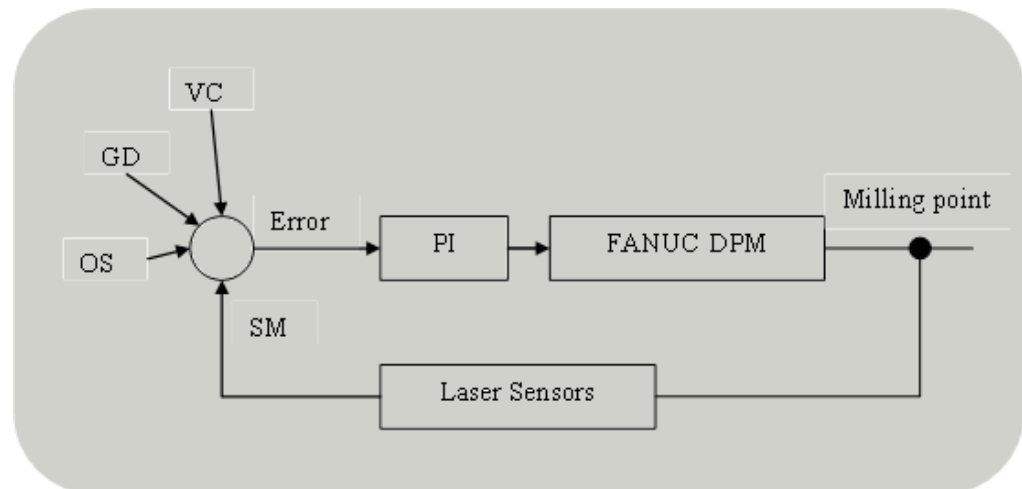


SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. LIMITACIONES

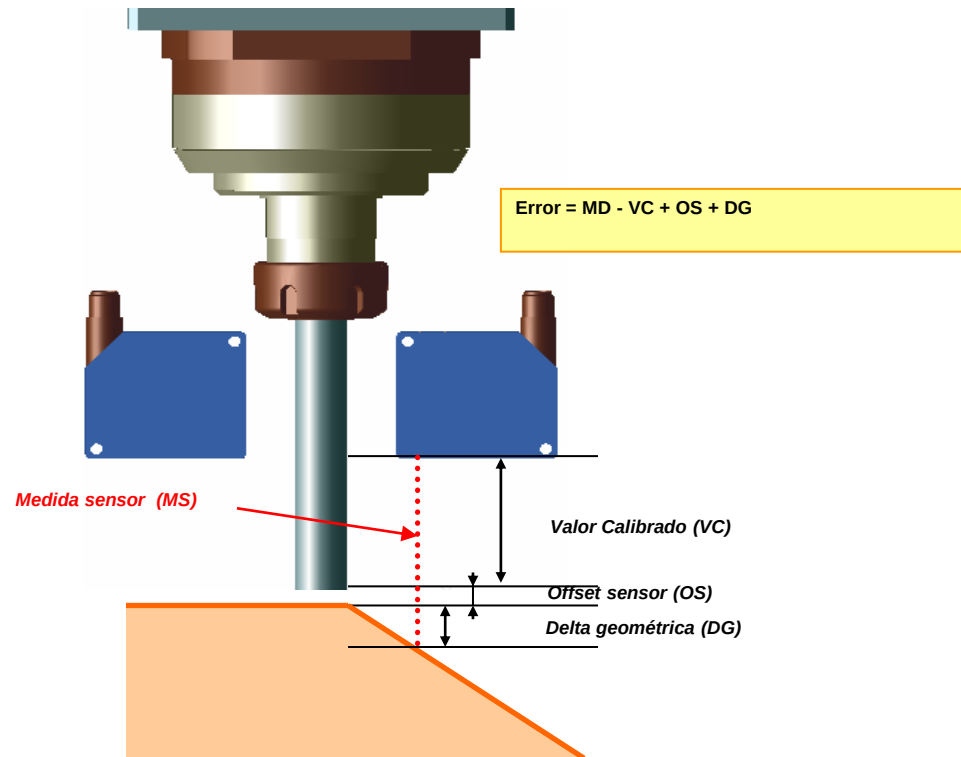
El sistema no realiza correcciones que impliquen una rotación. El sistema corrige la trayectoria solo mediante translaciones. El desplazamiento de la trayectoria es suficiente para corregir las desviaciones presentes durante el proceso de mecanizado.

No es posible la medición directa del punto de mecanizado: Los sensores están desplazados unos 25 mm desde el extremo de la fresa, por lo que el valor medido tiene un pequeño error con el punto de mecanizado causado por la forma de la pieza. Esto se corrige por un offset interno (Delta geométrica) para cada punto de la trayectoria y para cada sensor.

$$\text{Error} = \text{SM} - \text{CV} - \text{OS} - \text{GD}$$

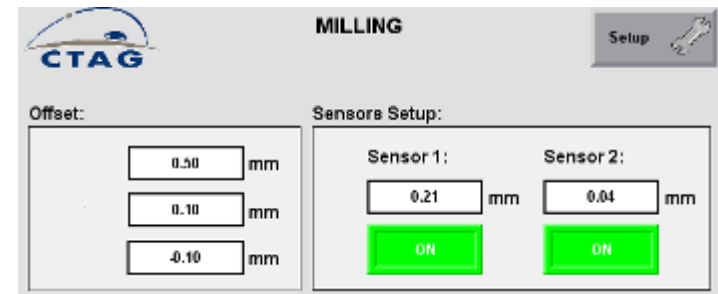
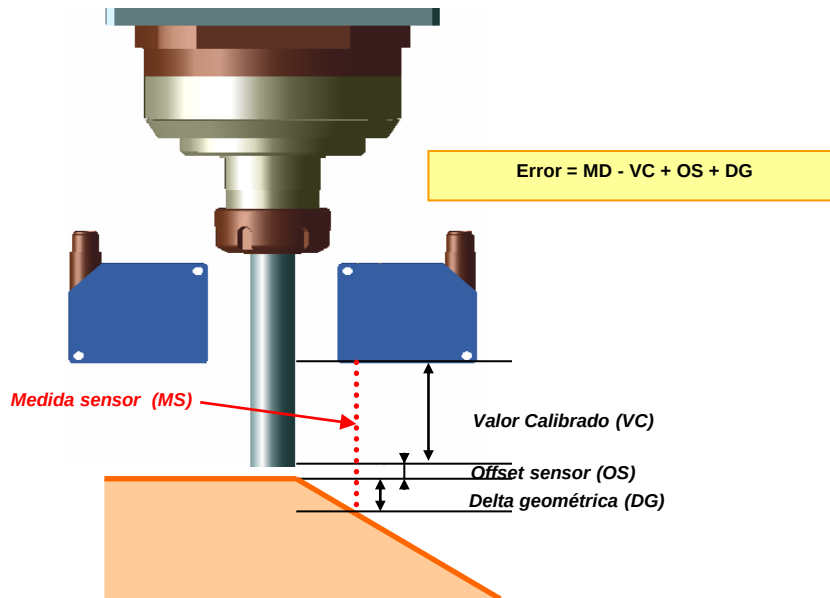


SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. FUNCIONAMIENTO



Solo se utiliza un sensor para realizar la compensación de altura
El sensor utilizado es aquel que su error relativo a su consigna sea menor
Muestreo del valor medido por cada uno de los sensores cada 0.05 segundos
En cada muestreo se decide que sensor es utilizado para la compensación

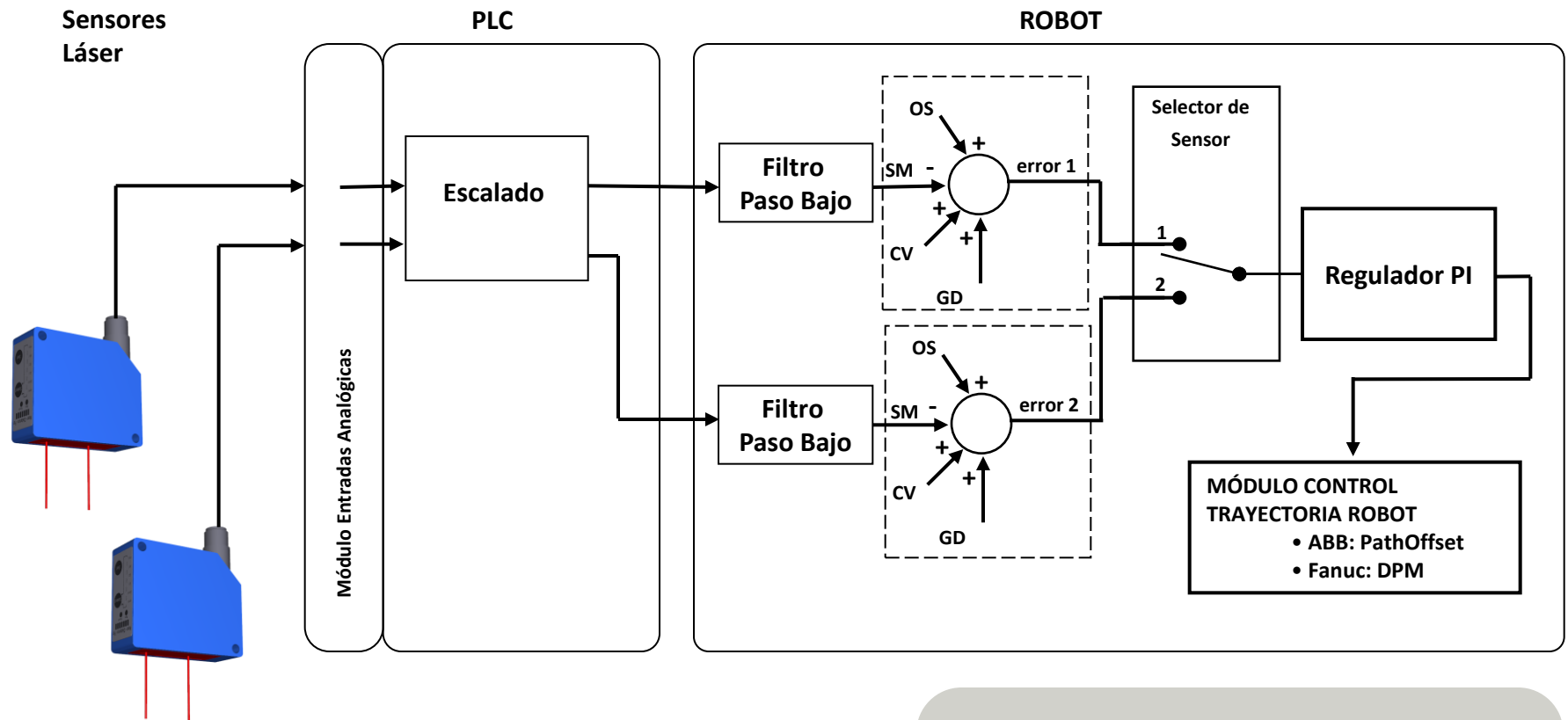
SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. FUNCIONAMIENTO



Offset: Distancia para ajustar la profundidad de discado. Valor distinto para cada medio y tipo de vehiculo, pero idéntico para ambos sensores. Su valor se modifica a través del Panelview.

Delta geométrica: Distancia para adaptar la trayectoria de discado a la geometría de la pieza en cada punto. Se modifica a través del aplicativo robot.

SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. FUNCIONAMIENTO



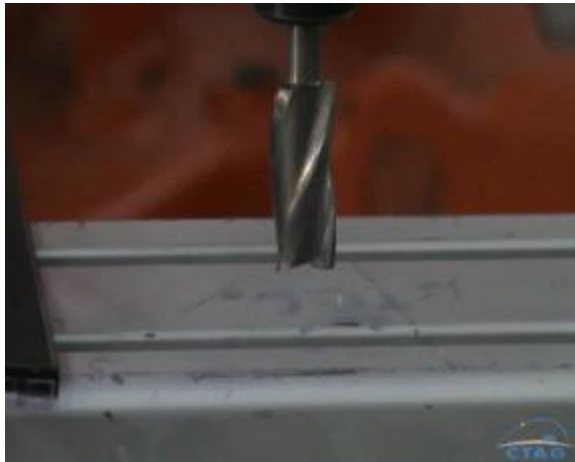
SM: Medida Sensor
CV: Valor Calibrado Sensor
GD: Delta Geométrica Punto trayectoria
OS: Offset trayectoria

SELECCIÓN. Se selecciona el más pesimista para evitar el contacto con la pieza en todo momento

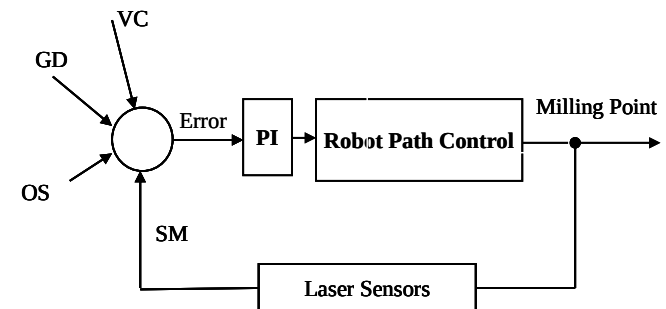
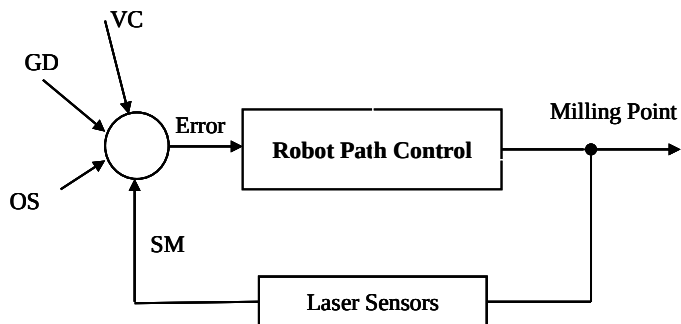
SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. PRUEBAS

Ajustes Regulador PI

Sin regulador

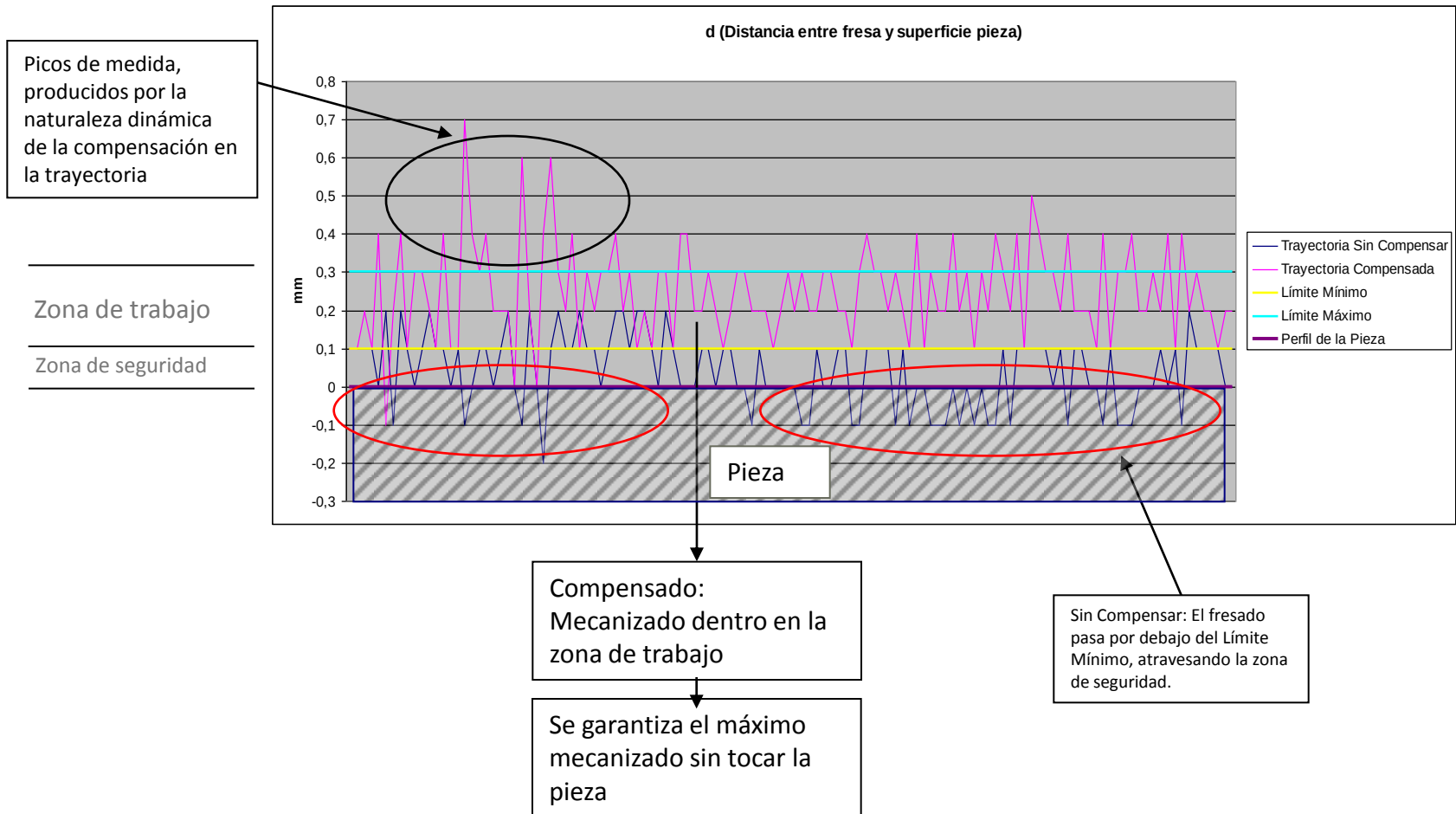


Regulador PI



SISTEMA CORRECCIÓN TRAYECTORIA. PRUEBAS

Gráficas Respuesta corrección trayectoria



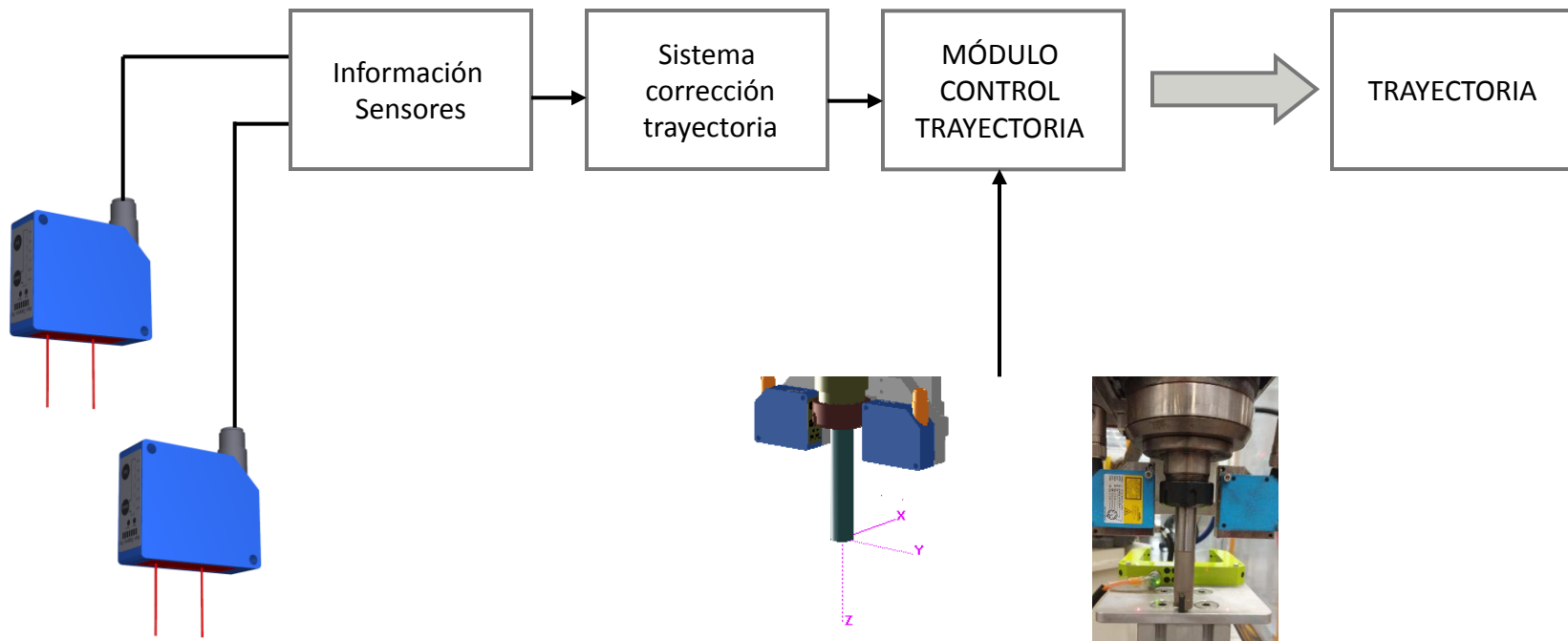
CALIBRACIÓN. SISTEMA DE CALIBRACIÓN TCP

Control continuo del TCP Robot .

- Desgaste de la plaquita.
- Rotura de la fresa.
- Incorrecta colocación plaquita.
- Vibraciones en fresa.

Información
Incorrecta
TCP

- Dañarla pieza.
- Mala calidad de mecanizado.
- Dañar elemento.



TCP Robot

CALIBRACIÓN. SISTEMA DE CALIBRACIÓN TCP

TCP Robot.

Está situado en el centro del extremo de la fresa.

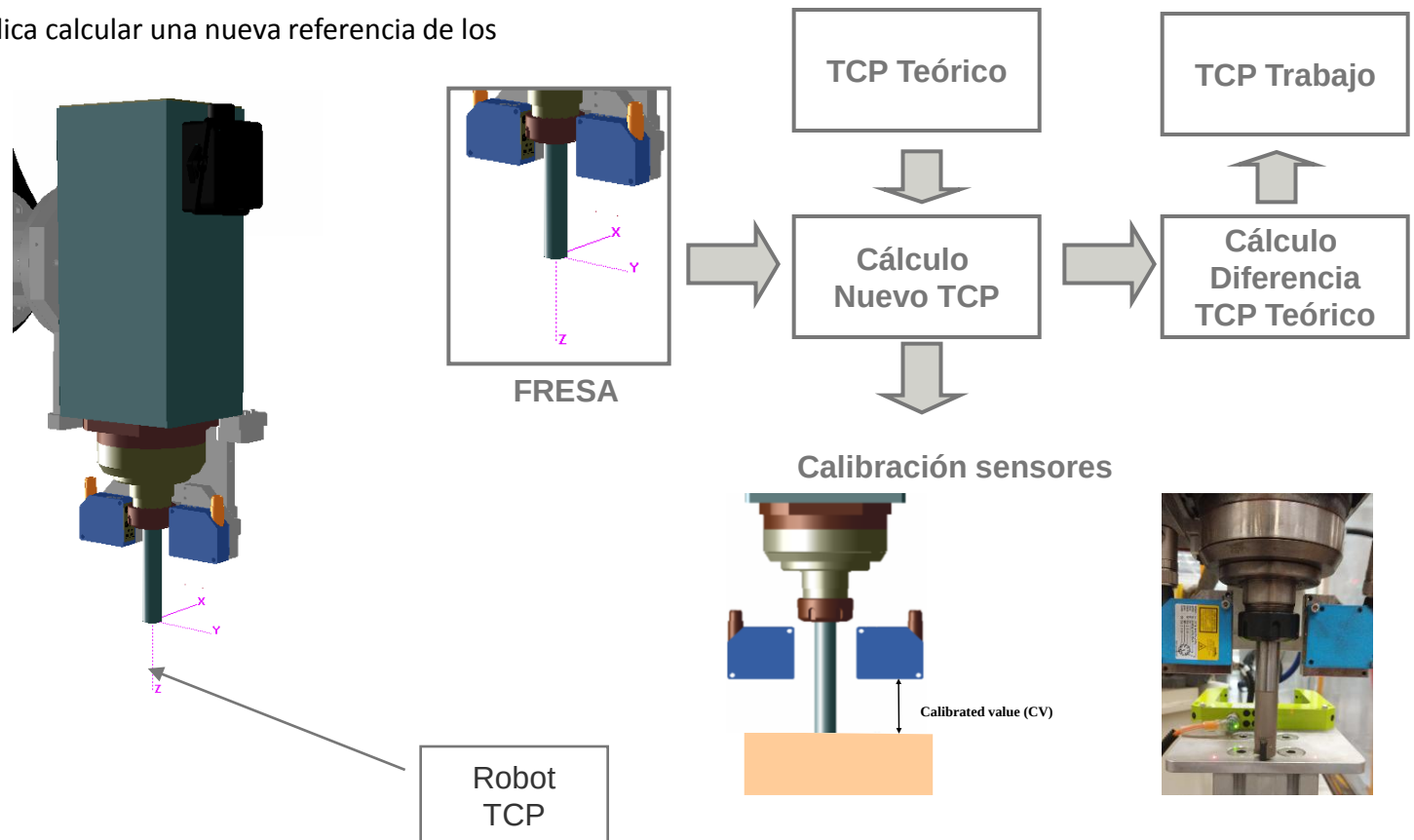
Se calcula de forma manual o programa CAD.

Se utilizan dos TCPs

TCP Master (Teórico)

TCP Trabajo (Real)

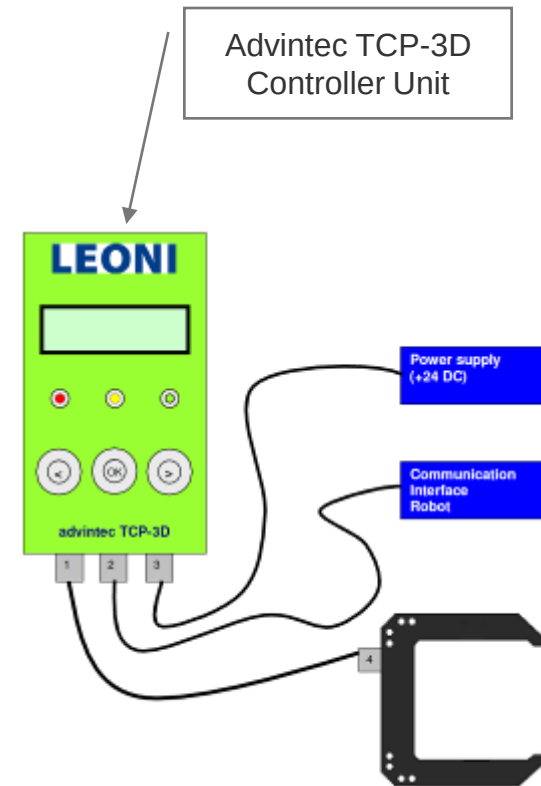
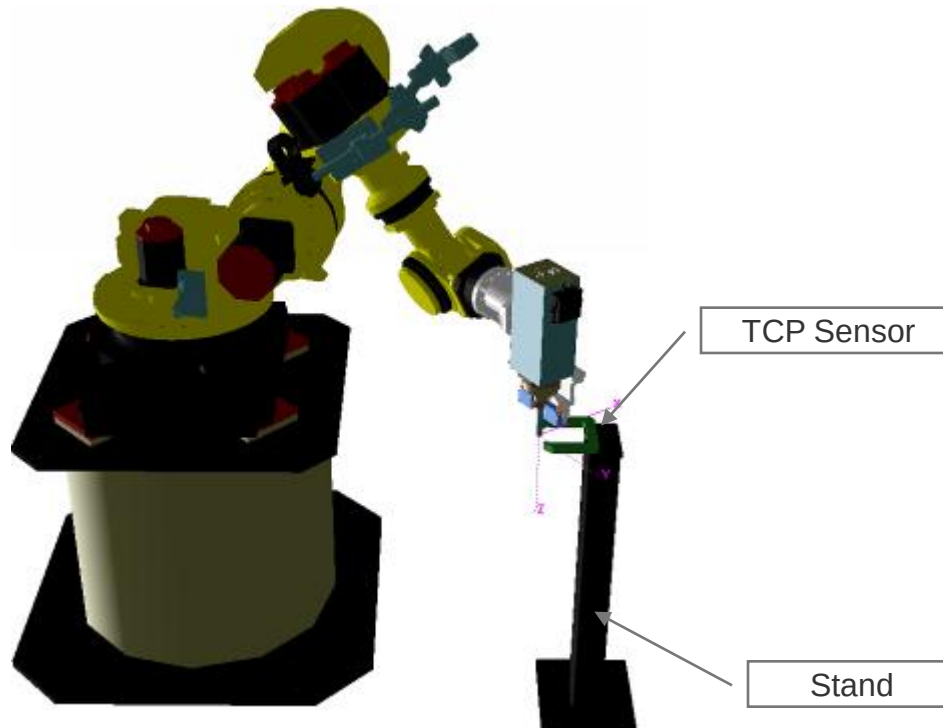
El cambio del TCP implica calcular una nueva referencia de los sensores láser.



CALIBRACIÓN. SISTEMA DE CALIBRACIÓN TCP

Evalua la posición de la fresa y realiza el ajuste del TCP.

- Controla el estado de la fresa. Detecta una posible rotura.



4. Integración

1. Introducción
2. Estudios Preliminares
3. Sistema corrección trayectoria
- 4. Integración**

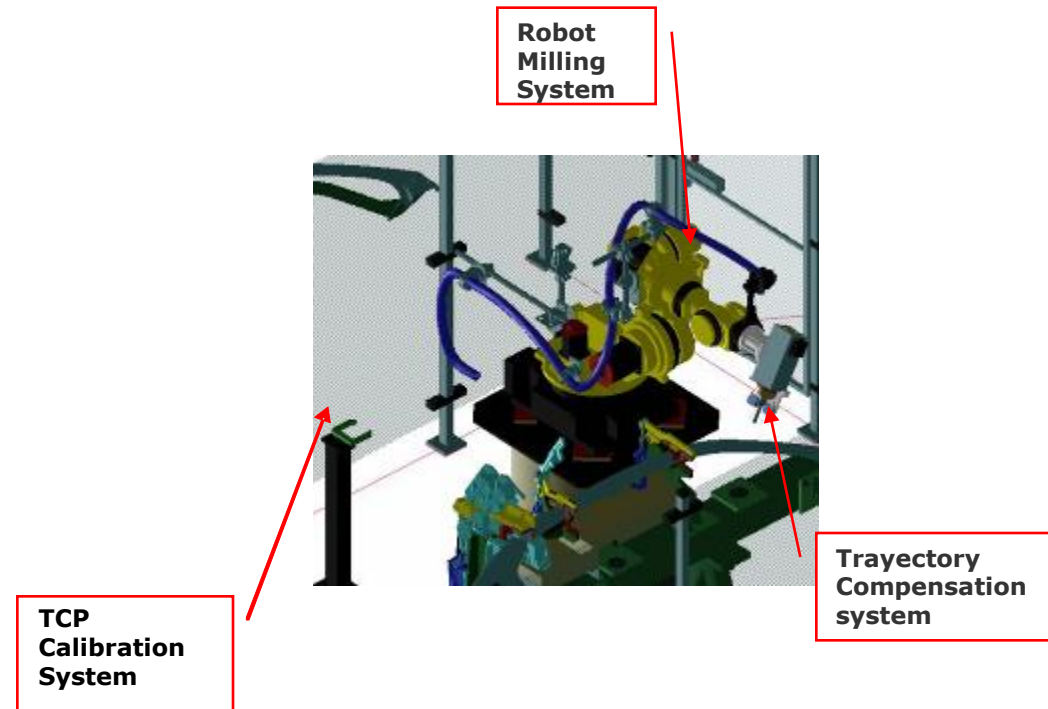
INTEGRACIÓN. COMPONENTES DEL SISTEMA

Sistema de fresado Robotizado: Realiza la función de mecanizado

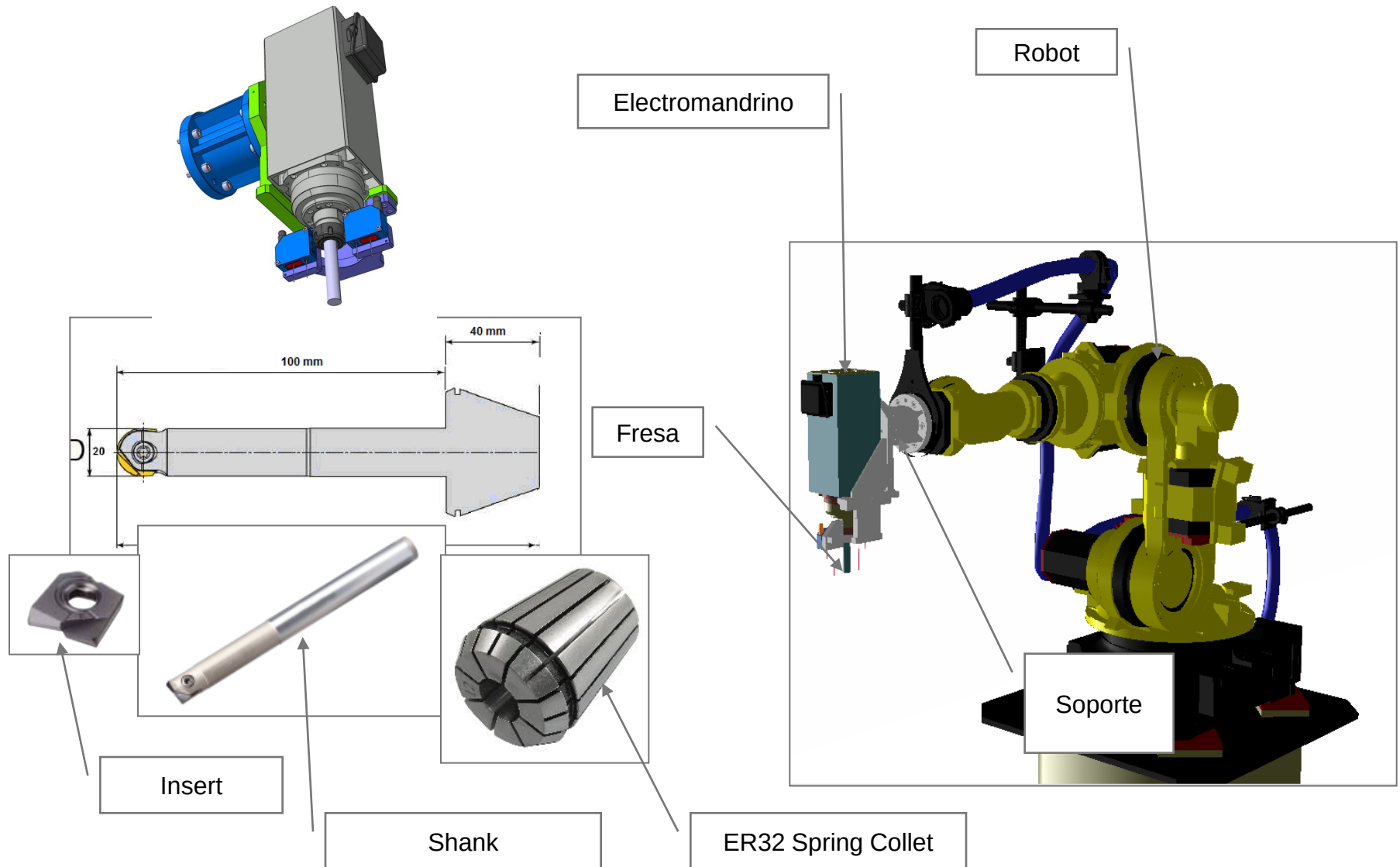
Sistema de corrección de trayectoria: Modifica la trayectoria de mecanizado según la información proporcionada por los sensores láser, que miden el desplazamiento de la pieza y sus variaciones dimensionales

Sistema de calibración de TCP: Evalúa la posición de la punta de fresa y realiza el ajuste del TCP del robot

Panel de control: Realiza las siguientes funciones: fuente de alimentación, adquisición de señales de los sensores láser y HMI



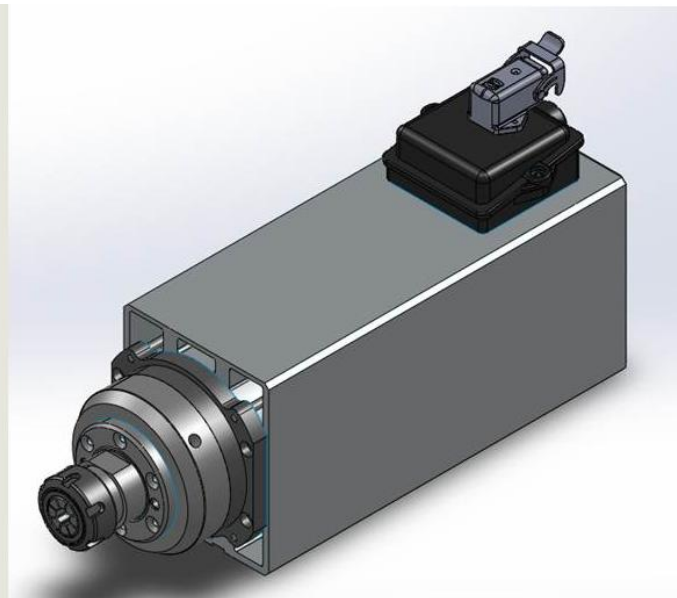
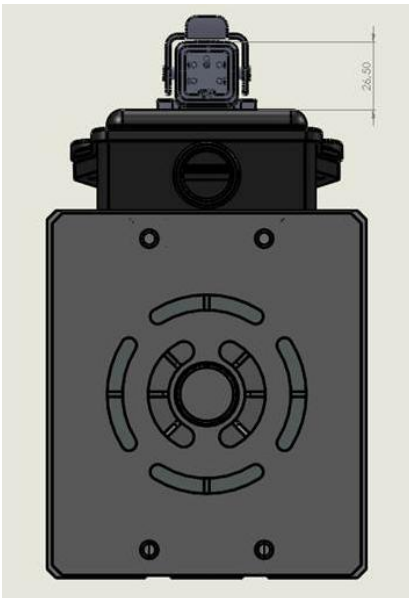
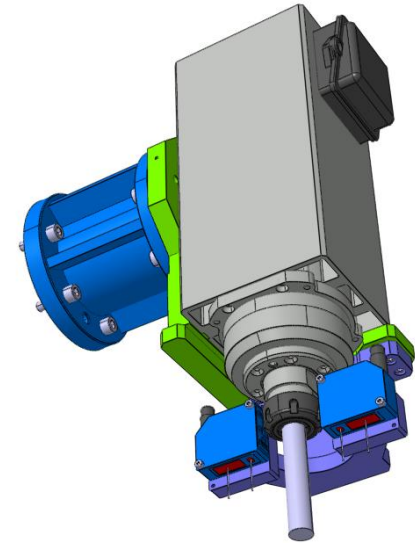
INTEGRACIÓN. SISTEMA DE FRESADO ROBOTIZADO



SISTEMA DE FRESADO ROBOTIZADO. ELECTROMANDRINO

Electromandrino

Motores diseñados para tareas de mecanizado.
Rodamientos para soportar esfuerzos axiales y rotativos.
Refrigeración aire o líquida.
Velocidad variable.
Sistema de acople a herramientas Mecanizado



SISTEMA DE FRESADO ROBOTIZADO. FRESA

Fresa. Componentes

Mango.

Pinza ER32.

Plaquita.

Fresa. Selección

Tipo material a mecanizar.

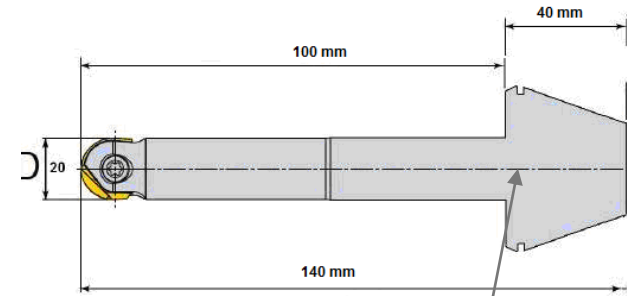
Cantidad de material a eliminar.

Proceso de mecanizado.

Velocidad avance.

Calidad acabado.

Etc.



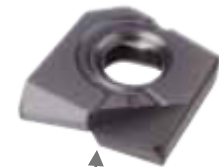
Mango + Pinza ER32



Pinza ER32

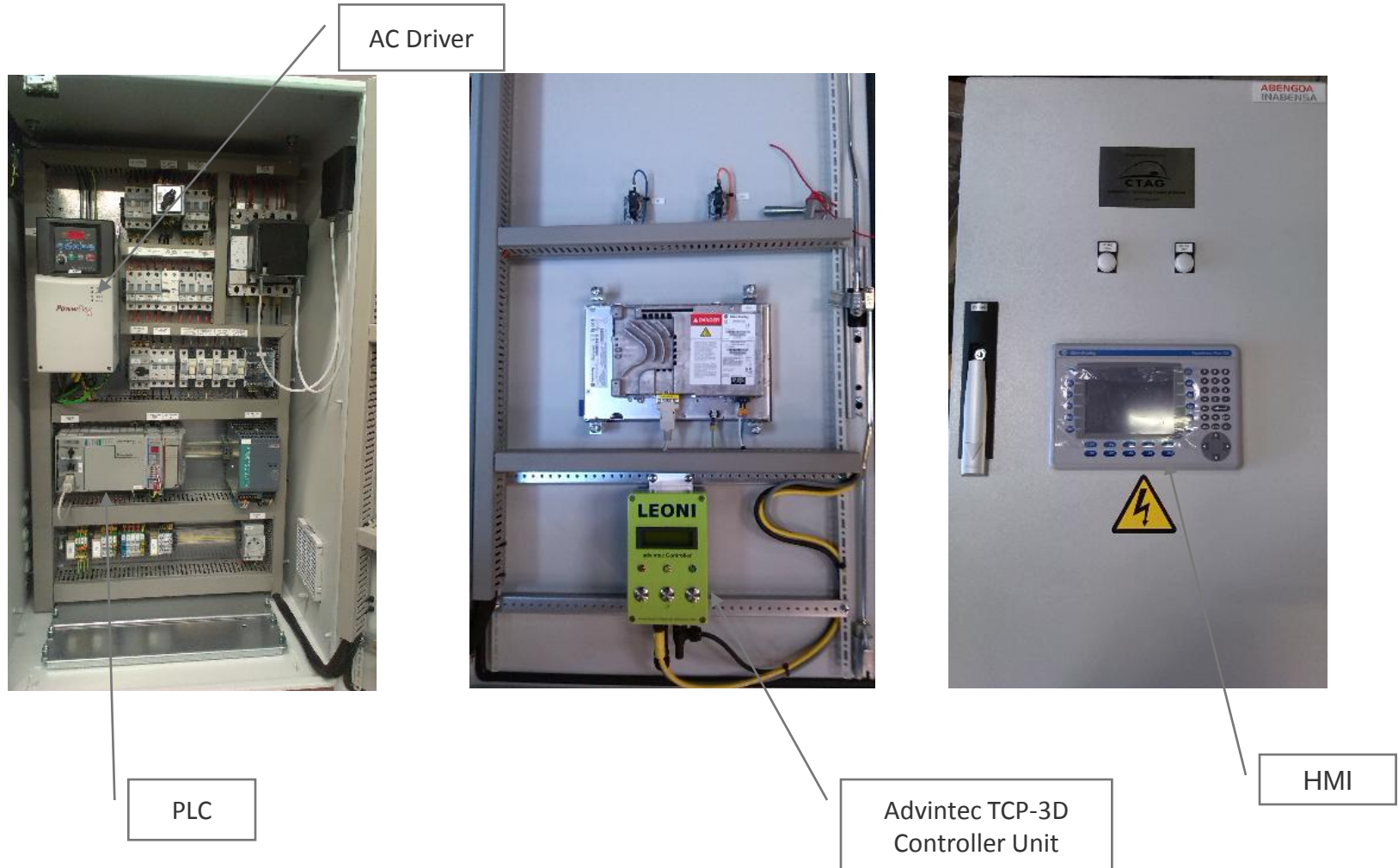


Mango



Plaquita

INTEGRACIÓN. CUADRO DE CONTROL



MANUFACTURING PROCESS ENGINEERING

INTEGRACION. HMI

El sistema HMI tiene las siguientes funciones:

Muestra el estado del sistema al operario.

Muestra las alarmas activas del sistema.

Habilita /deshabilita los modos de funcionamiento del sistema de mecanizado. Modos de degradado.

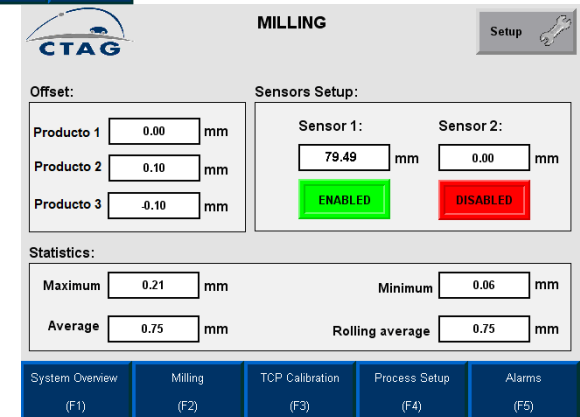
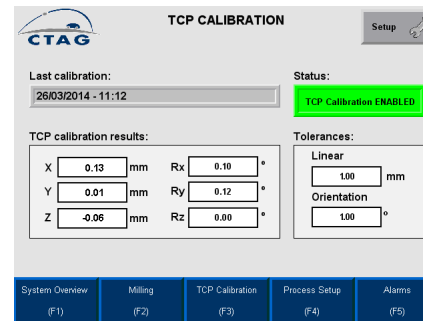
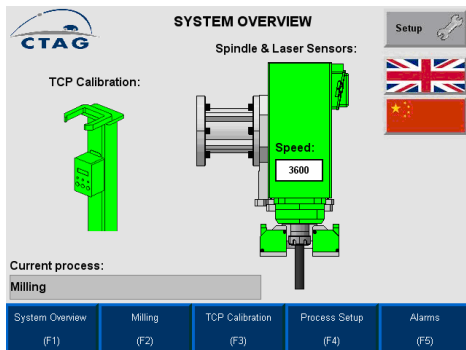
Degradado 1: Mecanizado sin sensores láser.

Degradado 2: Mecanizado sin calibración TCP. Los sensores láser son desactivados en este modo de funcionamiento.

Configuración del sistema de corrección de trayectoria.

Control del proceso de cambio de plaquita

Muestra información sobre el sistema de calibración TCP al operario.



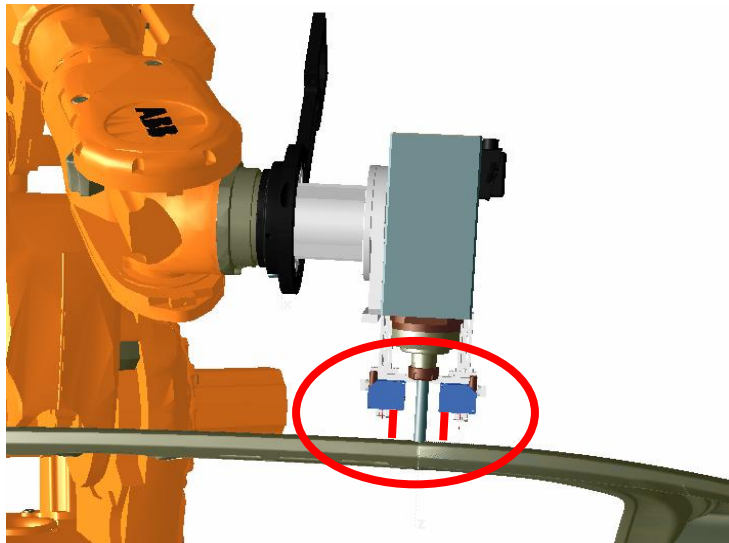
INTEGRACIÓN. SIMULACIÓN VIRTUAL

Simulación de la celda robotizada.

Alcanzabilidades.

Colisiones con el medio y las bridas.

Programa del robot.



INTEGRACIÓN SITUACIÓN ACTUAL

Vigo

1 sistema sobre M3/M4 (Robot ABB)



Wuhan

2 sistemas sobre M33/M43 y M44 (Robot Fanuc)



PRÓXIMOS PASOS

Ampliación del sistema desarrollado a otras tecnologías/aplicaciones

Rebarbado

Lijado

Aplicación mastico

Soldadura

