

ENTREGABLE PROYECTOS— 2023-2024

**Investigación en sistemas de conversión de lenguaje natural para la programación de robots en tareas colaborativas
“NATURBOT”**

Entregable: E6.2. Demostrador y pruebas piloto realizadas

Programa: Proyectos de I+D en colaboración con empresas

Número de proyecto: 22300046

Expediente: IMDEEA/2023/13

Duración: 16 meses

Coordinado en AIDIMME por: José Luís Sánchez



AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

1	<i>Introducción y objetivos del entregable</i>	1
1.1	Objeto del entregable	1
1.2	Objetivos del proyecto con los que se relaciona	1
1.3	Paquete de trabajo en el que está encuadrado y principales tareas a desarrollar	1
1.4	Resumen del trabajo realizado	1
2	<i>Actividades realizadas</i>	2
2.1	Tarea 6.3 Desarrollo del demostrador	2
2.1.1	Diseño del escenario de interacción humano-robot	2
2.1.2	Indicadores para validar la tecnología	3
2.1.3	Montaje del demostrador	4
2.1.4	Pruebas de funcionamiento	7
2.2	Tarea 6.4 Validación del sistema y conclusiones	9
2.2.1	Resultados de las pruebas	9
2.2.2	Posibles mejoras	14
3	<i>Resultados obtenidos</i>	15
4	<i>Conclusiones</i>	17
5	<i>Anexos y bibliografía</i>	18

1 Introducción y objetivos del entregable

1.1 Objeto del entregable

El presente entregable recoge toda la documentación asociada al desarrollo del demostrador, la realización de pruebas de validación y los resultados finales obtenidos.

El demostrador y las pruebas realizadas permiten validar el funcionamiento integrado de los desarrollos llevados a cabo en el PT4 (sistema de interpretación del lenguaje natural por voz), el PT5 (sistema de descripción del contexto) y el sistema de comunicaciones con el robot en el PT6.

El desarrollo del demostrador es uno de los resultados del proyecto, y permite mostrar a empresas industriales la aplicación de la tecnología y los diferentes desarrollos realizados.

1.2 Objetivos del proyecto con los que se relaciona

Este documento se relaciona con el último de los objetivos específicos identificados en la memoria de solicitud del proyecto:

- Realización de una prueba piloto del sistema completo en un entorno relevante.

1.3 Paquete de trabajo en el que está encuadrado y principales tareas a desarrollar

El entregable se encuadra en el paquete de trabajo PT6 (Desarrollo del sistema de comunicación. Realización prueba piloto), donde se llevan a cabo las siguientes tareas:

- Tarea 6.3 Desarrollo del demostrador
- Tarea 6.2 Validación del sistema y conclusiones

1.4 Resumen del trabajo realizado

En primer lugar, se llevado a cabo un diseño del escenario de trabajo basado en el caso de uso que se deseaba replicar, continuando los trabajos llevados a cabo en los paquetes de trabajo PT4 y PT5.

En segundo lugar, se han definido los indicadores que permiten validar los desarrollos tecnológicos. A continuación, se ha realizado el montaje del piloto demostrador. Este piloto ha ido evolucionando de forma iterativa en cuanto a los elementos empleados (modelos de cámaras, soportes, mesas de trabajo, etc.), incorporando y sustituyendo componentes en la medida que se iban obteniendo resultados de pruebas parciales.

Finalmente, se han ejecutado las diferentes pruebas que han permitido validar la consecución de los objetivos del proyecto.

2 Actividades realizadas

2.1 Tarea 6.3 Desarrollo del demostrador

2.1.1 Diseño del escenario de interacción humano-robot

En los paquetes de trabajo PT4 y PT5 se generaron los inputs necesarios para definir el piloto demostrador.

Las tareas donde se consideró que los resultados de NATURBOT mejoran una aplicación de robótica colaborativa fueron: “Selección y montaje de componentes”, “Inspección de piezas”, y “Alimentación de piezas a diferentes líneas”. Estas aplicaciones se corresponden con actividades donde el tipo de colaboración es “físico indirecta” o “temporal”. Es decir, robot y humano comparten el mismo espacio de trabajo, pero no al mismo tiempo.

Según el escenario de trabajo definido, el demostrador se compone de un robot, dos mesas de trabajo (una donde están las piezas y otra donde trabaja el operario). En el piloto el usuario que realiza las pruebas no se va a mover, las piezas se pueden ubicar en un punto fijo y por tanto solo es necesaria una cámara para identificar y capturar la posición de las piezas.

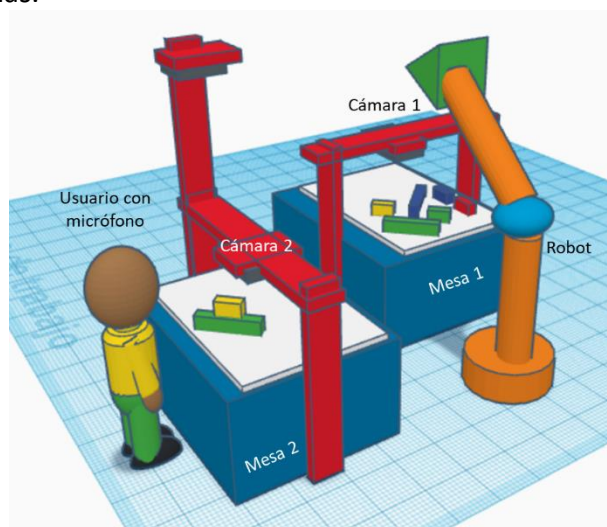


Figura 1: Escenario de trabajo colaborativo
Fuente: elaboración propia

Se ha diseñado un piloto demostrativo donde se ejecute un proceso como el siguiente:

- Un robot trabaja en dos mesas de trabajo (mesa1 y mesa 2).
- En la mesa 2 un operario con un micrófono emite órdenes verbales pidiendo una de las piezas de la mesa 1 con la que quiere trabajar.
- El sistema reconoce la orden verbal.
- La cámara 1 situada sobre un pórtico en la mesa 1, reconoce las coordenadas “x,y” de la pieza y se las pasa al robot.
- El robot recoge la pieza de la mesa 1.

- El robot deposita la pieza en la mesa 2.
- Si el usuario quiere devolver la pieza desde la mesa 2 hacia la mesa 1, emite esa orden verbal y es la cámara 2 de la mesa 2 la que indica las coordenadas de donde está la pieza.

2.1.2 Indicadores para validar la tecnología

Sistema de interpretación del lenguaje natural.

El objetivo del sistema de interpretación del lenguaje natural es identificar si el usuario necesita que el robot le entregue una pieza o bien que el robot le retire la pieza de su zona de trabajo. Además, se requiere interpretar que tipo de pieza concreta se desea que sea manipulada por el robot.

Para la validación del sistema de interpretación del lenguaje natural se han empleado tres indicadores que fueron medidos durante la realización de las pruebas:

- a) **Interpretación de la frase completa.** Hace referencia a la capacidad del sistema para interpretar correctamente la “intention” y las “ranuras” de una frase emitida por el usuario. El resultado del indicador es binario: si se registra un “1”, significa que si lo ha reconocido correctamente; si se registra un “0” el sistema no ha podido reconocer correctamente alguno (o varios) de los parámetros. Por ejemplo, en la frase “dame una pieza amarilla grande” se registraría un “1” si el sistema reconoce la “intention” ENTREGAR, el color AMARILLO, y el tamaño GRANDE. Si falla en alguno (o varios) de estos parámetros se registra un “0”.
- b) **Interpretación parcial de la frase.** Hace referencia a la capacidad del sistema para interpretar correctamente al menos la “intention” o alguna de las “ranuras” de una frase emitida por el usuario. El resultado del indicador es binario: si se registra un “1”, significa que si ha reconocido correctamente algún parámetro; si se registra un “0” el sistema no ha podido reconocer correctamente ninguno de los parámetros. Por ejemplo, en la frase “dame una pieza amarilla grande” se registraría un “1” si el sistema reconoce la “intention” ENTREGAR, el color AMARILLO, y el tamaño GRANDE. Si falla en alguno de estos parámetros se registra también un “1”. Solo cuando falla en todos los parámetros se registra un “0”.
- c) **Tiempo de reconocimiento.** Hace referencia al número de veces que hay que repetir una sentencia. Se ha considerado que, si hay que emitir 1 o 2 veces una frase se registra un “1”, asimilándose a un tiempo de reconocimiento breve. Si hay que emitir más veces la sentencia se registra un “0”, asimilándose a un tiempo de respuesta elevado.

Sistema de descripción del contexto.

El objetivo del sistema de descripción del contexto es identificar correctamente cada una de las piezas y extraer sus coordenadas y ángulo de giro en el plano de trabajo, en base al eje de referencia del robot que tiene que manipular las piezas.

Para la validación del sistema se definen dos indicadores que fueron medidos durante la realización de las pruebas:

- d) **Identificación de la pieza.** Hace referencia a la capacidad del sistema para reconocer una pieza. Para cada prueba donde el sistema de voz y de comunicaciones ha funcionado correctamente se asigna un “1” si la pieza ha sido reconocida satisfactoriamente y un “0” si no es así.
- e) **Coordenadas de pieza.** Hace referencia a la idoneidad de las coordenadas y ángulo de agarre generados para que una pieza pueda ser manipulada por el robot. Con cada prueba se asigna un “1” si el robot puede correctamente agarrar la pieza y un “0” si no la puede agarrar.

Sistema de comunicaciones

El objetivo del sistema de comunicaciones es construir y transmitir las instrucciones de movimiento y agarre de pieza al robot según las órdenes emitidas por voz, y la información de contexto capturada por cámara.

Para la validación del sistema se define un indicador que fue medido durante la realización de las pruebas:

- f) **Instrucciones comunicadas.** Hace referencia a la capacidad del sistema para generar y transmitir instrucciones de robot, según los inputs generados por el sistema de interpretación del lenguaje natural y de descripción del contexto. Para cada prueba donde el sistema de voz y de descripción del contexto ha funcionado correctamente se asigna un “1” si las instrucciones de trabajo han sido emitidas al robot y un “0” si no es así.

2.1.3 Montaje del demostrador

El demostrador final que se ha montado se compone de los siguientes elementos:

- 1 robot colaborativo
- 1 carro soporte del robot
- 1 micrófono
- Altavoces
- PC, monitor, teclado y ratón
- 2 mesas de trabajo con anclajes para su fijación al carro del robot. La tapa de estas mesas es color blanco mate para no generar brillos por la iluminación de la sala o iluminación forzada.
- 3 cámaras

- Estructuras y bridas de soporte de las cámaras sobre las mesas de trabajo
En la siguiente imagen se muestra un ejemplo del montaje final del demostrador.



Figura 2: Piloto demostrativo final
Fuente: elaboración propia

Las mesas de trabajo han sido fijadas al carro del robot para evitar desplazamientos entre mesas y carro del robot. Cada vez que se produce un desplazamiento entre el robot y las mesas, se requiere recalibrar todo el sistema para que las coordenadas de pieza calculadas sean válidas.



Figura 3: Fijación de las mesas al carro del robot
Fuente: elaboración propia

Este demostrador final ha ido evolucionando desde versiones iniciales con una sola mesa de trabajo (o con dos mesas sin sistema de anclaje al carro del robot) con estructuras soporte para cámaras móviles. También se han probado diferentes modelos de cámaras y de sistemas de iluminación.



Figura 4: Pilotos demostrativos iniciales (i)
Fuente: elaboración propia



Figura 5: Pilotos demostrativos iniciales (ii)
Fuente: elaboración propia

La versión final del demostrador se ha ido ajustando según sucesivas pruebas e iteraciones de los componentes desarrollados en los paquetes de trabajo PT4 y PT5.

2.1.4 Pruebas de funcionamiento

Se han identificado seis variables que pueden interferir en el resultado de las pruebas:

- Usuario. En función de la persona que realice las pruebas el volumen y velocidad de la voz o el acento pueden diferir. Los usuarios de estas pruebas son personal técnico de AIDIMME participante en el proyecto.
- "intention". Son dos las acciones que puede demandar el usuario al robot: que le entregue una pieza, o que la devuelva a su mesa de trabajo original.
- Color de la pieza. El usuario podrá solicitar acciones sobre tres colores de pieza: roja, amarilla o azul.
- Tamaño de pieza. El usuario podrá solicitar acciones sobre dos tamaños de pieza: grande y pequeña.
- Tipo de ruido. Uno de los factores que se ha identificado pueden afectar a la eficacia y eficiencia del sistema es el nivel de ruido ambiente cuando se están emitiendo las órdenes verbales. Se planifica realizar las pruebas en un entorno de laboratorio sin ruido, con ruido de maquinaria y con ruido de voces humanas.
- Intensidad de ruido. El volumen del ruido será fijo (industrial o humano) durante las pruebas.

En la siguiente tabla se resumen los parámetros considerados en las pruebas.

Parámetros	Tipo	Posibles valores
Usuario	Características del propio usuario	<<Personal participante en el proyecto>>
Intención	Características de la orden a emitir	Entregar pieza, Devolver pieza
Color pieza	Características de la orden a emitir	Roja, Amarilla, Azul
Tamaño pieza	Características de la orden a emitir	Grande, Pequeña
Tipo ruido	Elementos externos	Sin ruido, Ruido maquinaria, Ruido humano
Intensidad Ruido	Elementos externos	Fija

Figura 6: Parámetros de las pruebas

Fuente: elaboración propia.

Con el objetivo de guiar al usuario durante la realización de las pruebas se han redactado doce frases de ejemplo que cubren las doce posibles acciones que el usuario puede llegar a solicitar al robot. Estas doce frases se basan en dos acciones (entregar o devolver), tres colores de pieza (rojo, amarillo y azul) y dos tamaños de pieza (grande o pequeña).

En la siguiente imagen se muestran las doce frases de ejemplo y su correspondiente acción, color y tamaño de pieza.

Frase ejemplo	Acción	Color pieza	Tamaño pieza
1. "Por favor, tráeme una pieza roja grande."	Entregar	rojo	grande
2. "Necesito utilizar una pieza pequeña de color amarillo, por favor."	Entregar	amarillo	pequeña
3. "¿Podrías conseguirme una pieza azul grande, por favor?"	Entregar	azul	grande
4. "Quisiera una pieza roja pequeña, por favor."	Entregar	rojo	pequeña
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a obtener una pieza amarilla grande?"	Entregar	amarilla	grande
6. Dame una pieza azul pequeña	Entregar	azul	pequeña
7. "Por favor, devuelve la pieza roja grande."	Devolver	rojo	grande
8. "Necesito que devuelvas la pieza amarilla pequeña, por favor."	Devolver	amarillo	pequeña
9. "¿Podrías retornar la pieza azul grande, por favor?"	Devolver	azul	grande
10. "Quisiera devolver a su sitio la pieza pequeña roja, por favor."	Devolver	rojo	pequeña
11. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a retornar la pieza amarilla grande?"	Devolver	amarillo	grande
12. Devuelve la pieza pequeña azul	Devolver	azul	pequeña

Figura 7: Frases de ejemplo para las pruebas
Fuente: elaboración propia.

Para la realización de las pruebas y registro de datos se prepara una plantilla donde para cada usuario que realiza las pruebas se definen treinta y seis frases que se corresponden a las doce frases definidas anteriormente, multiplicadas por tres diferentes escenarios de ruido: sin ruido de fondo, con ruido de maquinaria y con ruido humano.

Las pruebas han sido llevadas a cabo por cinco usuarios (técnicos de AIDIMME participantes en el proyecto).

Los diferentes niveles de ruido han sido generados mediante archivos de audio que reproducen ruido de maquinaria industrial y ruido de voces humanas respectivamente.

Los archivos de audio empleados se pueden encontrar en las siguientes direcciones web.

- Ruido de maquinaria industrial: https://www.youtube.com/watch?v=ed_KdQ77K10
- Ruido de voces humanas: <https://www.youtube.com/watch?v=ANcYacARSdU>

En la propia pantalla principal de la interfaz de usuario desarrollada se puede comprobar si la acción verbalizada por el usuario ("intention", color y tamaño) ha sido reconocida correctamente por el sistema y cuantas iteraciones han hecho falta para ello. La parte de reconocimiento de piezas, cálculo de coordenadas, ángulo de agarre y comunicaciones se comprueba visualmente tras la ejecución de la tarea por parte del robot.

2.2 Tarea 6.4 Validación del sistema y conclusiones

2.2.1 Resultados de las pruebas

2.2.1.1 Sistema de interpretación del lenguaje natural

De manera general los tres indicadores propuestos para la validación quedan calculados de forma promedio tal y como se muestran en la siguiente tabla.

Id	Indicador	Valor	Unidades
a	Interpretación de la frase completa	48'6%	%
b	Interpretación parcial de la frase	84'0	%
c	Tiempo de reconocimiento	76'4	%

Figura 8: Resultados KPIs de validación (i)

Fuente: elaboración propia.

La interpretación de la frase completa queda por debajo del 50% promedio (48'6%), y la interpretación parcial de la frase y el tiempo de reconocimiento en el entorno del 80% (84'0% y 76'4% respectivamente).

Sin embargo, el valor de los indicadores son variables en función de la agrupación de resultados que se hace según los diferentes parámetros con los que se configuraron las pruebas. A continuación, se muestran los resultados agrupados según las diferentes variables de validación.

Análisis por "INTENTION".

La siguiente gráfica muestra el resultado de los tres indicadores agrupado por promedio según la "intention" a reconocer: Devolver una pieza o Entregar una pieza.

En la gráfica se observa como el reconocimiento completo de la frase es mucho menor en la "intention" devolver que en la "intention" entregar. Esto indica que debe de realizarse un ajuste fino del entrenamiento de del reconocimiento de esta expresión.

El resto de los indicadores son similares en ambos casos.

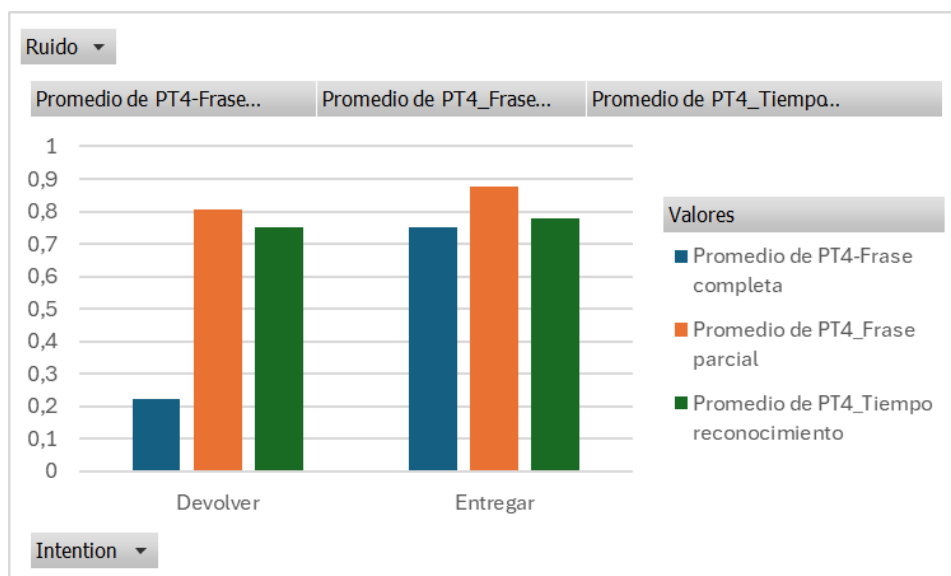


Figura 9: Resultado promedio agrupado por "INTENTION"

Fuente: elaboración propia

Análisis por COLOR.

En el caso del color no se han encontrado grandes diferencias entre ninguno de los tres colores, aunque en el caso del color amarillo todos los indicadores son algo más bajos.

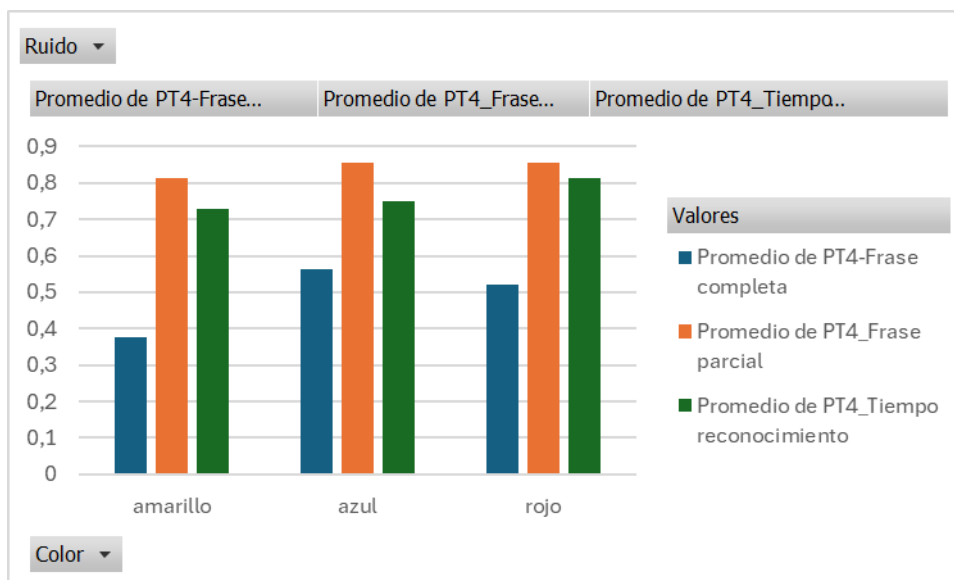


Figura 10: Resultado promedio agrupado por COLOR

Fuente: elaboración propia

Análisis por TAMAÑO.

En cuanto al promedio por tamaño tampoco se han identificado grandes diferencias.

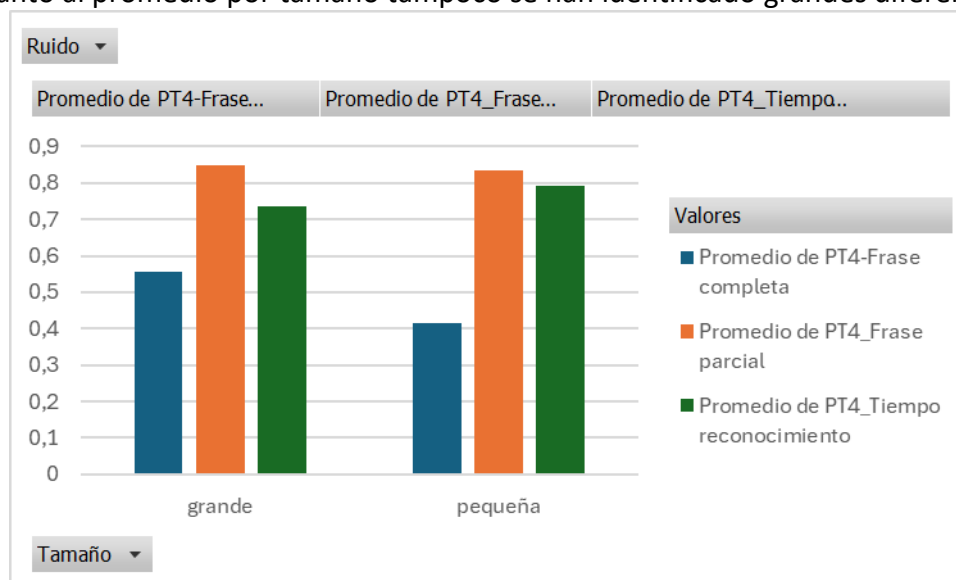


Figura 11: Resultado promedio agrupado por TAMAÑO

Fuente: elaboración propia

Análisis por RUIDO.

Si se analiza por nivel de ruido se comprueba como tanto el ruido industrial, como el ruido humano afectan al sistema, siendo este último el que mayor distorsión genera. Si bien, en el promedio de reconocimiento de frase completa no se aprecia grandes diferencias, en los otros dos indicadores si que hay un deterioro con ruido.

Ruido	NO		
Etiquetas de fila	Promedio de PT4-Frase completa	Promedio de PT4_Frase parcial	Promedio de PT4_Tiempo reconocimiento
1. "Por favor, devuelve la pieza roja grande."	0,8	1,0	1,0
1. "Por favor, tráeme una pieza roja grande."	1,0	1,0	1,0
2. "Necesito que devuelvas la pieza amarilla pequeña, por favor."	0,0	1,0	1,0
2. "Necesito utilizar una pieza pequeña de color amarillo, por favor."	0,8	1,0	1,0
3. "¿Podrías conseguirme una pieza azul grande, por favor?"	1,0	1,0	1,0
3. "¿Podrías retornar la pieza azul grande, por favor?"	0,0	0,8	0,8
4. "Quisiera devolver a su sitio la pieza pequeña roja, por favor."	0,0	1,0	1,0
4. "Quisiera una pieza roja pequeña, por favor."	0,8	1,0	1,0
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a obtener una pieza amarilla grande?"	1,0	1,0	0,5
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a retornar la pieza amarilla grande?"	0,0	1,0	1,0
6. Dame una pieza azul pequeña	0,8	0,8	0,8
6. Devuelve la pieza pequeña azul	0,8	1,0	1,0
Total general	0,5625	0,958333333	0,916666667

Ruido	INDUSTRIAL		
Etiquetas de fila	Promedio de PT4-Frase completa	Promedio de PT4_Frase parcial	Promedio de PT4_Tiempo reconocimiento
1. "Por favor, devuelve la pieza roja grande."	0,5	1,0	1,0
1. "Por favor, tráeme una pieza roja grande."	0,5	0,8	0,5
2. "Necesito que devuelvas la pieza amarilla pequeña, por favor."	0,0	0,8	0,8
2. "Necesito utilizar una pieza pequeña de color amarillo, por favor."	0,3	0,8	0,8
3. "¿Podrías conseguirme una pieza azul grande, por favor?"	1,0	1,0	0,8
3. "¿Podrías retornar la pieza azul grande, por favor?"	0,0	0,8	0,5
4. "Quisiera devolver a su sitio la pieza pequeña roja, por favor."	0,3	0,5	0,8
4. "Quisiera una pieza roja pequeña, por favor."	0,8	0,8	0,8
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a obtener una pieza amarilla grande?"	0,8	0,8	0,8
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a retornar la pieza amarilla grande?"	0,3	0,8	0,5
6. Dame una pieza azul pequeña	1,0	1,0	0,8
6. Devuelve la pieza pequeña azul	0,0	1,0	0,8
Total general	0,4375	0,8125	0,708333333

Ruido	CONVERSACIÓN		
Etiquetas de fila	Promedio de PT4-Frase completa	Promedio de PT4-Frase parcial	Promedio de PT4-Tiempo reconocimiento
1. "Por favor, devuelve la pieza roja grande."	0,5	1,0	1,0
1. "Por favor, tráeme una pieza roja grande."	0,5	0,8	0,5
2. "Necesito que devuelvas la pieza amarilla pequeña, por favor."	0,0	0,5	0,5
2. "Necesito utilizar una pieza pequeña de color amarillo, por favor."	0,8	1,0	1,0
3. "¿Podrías conseguirme una pieza azul grande, por favor?"	1,0	0,8	0,8
3. "¿Podrías retornar la pieza azul grande, por favor?"	0,5	0,8	0,8
4. "Quisiera devolver a su sitio la pieza pequeña roja, por favor."	0,0	0,5	0,3
4. "Quisiera una pieza roja pequeña, por favor."	0,8	1,0	1,0
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a obtener una pieza amarilla grande?"	0,8	0,8	0,5
5. "¡Hola! ¿Podrías ayudarme a retornar la pieza amarilla grande?"	0,0	0,5	0,5
6. Dame una pieza azul pequeña	0,3	0,8	0,8
6. Devuelve la pieza pequeña azul	0,5	0,8	0,5
Total general	0,458333333	0,75	0,666666667

Figura 12: Resultado promedio agrupado por RUIDO
Fuente: elaboración propia

2.2.1.2 Sistema de descripción del contexto

Durante las pruebas realizadas todas las piezas han sido correctamente reconocidas

Id	Indicador	Valor	Unidades
d	Identificación de la pieza.	100%	%

Figura 13: Resultados KPIs de validación (ii)
Fuente: elaboración propia.

El cálculo de coordenadas realizado ha sido suficiente para realizar el agarre de las piezas.

Id	Indicador	Valor	Unidades
e	Coordenadas de pieza.	100%	%

Figura 14: Resultados KPIs de validación (iii)
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, se detectó que con el paso de las iteraciones se han producido pequeñas desviaciones que han hecho que el robot no agarrara la pieza por su centro geométrico.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de la pinza agarrando una pieza por su centro geométrico.

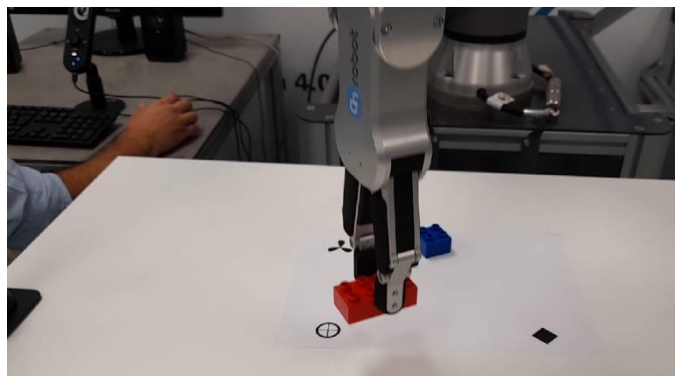


Figura 15: Ejemplo de pieza agarrada por su centro
Fuente: elaboración propia

En las dos siguientes imágenes se muestra un ejemplo de piezas que no fueron agarradas por su centro geométrico, indicando que el cálculo de coordenadas de la pieza ha sufrido un pequeño error.

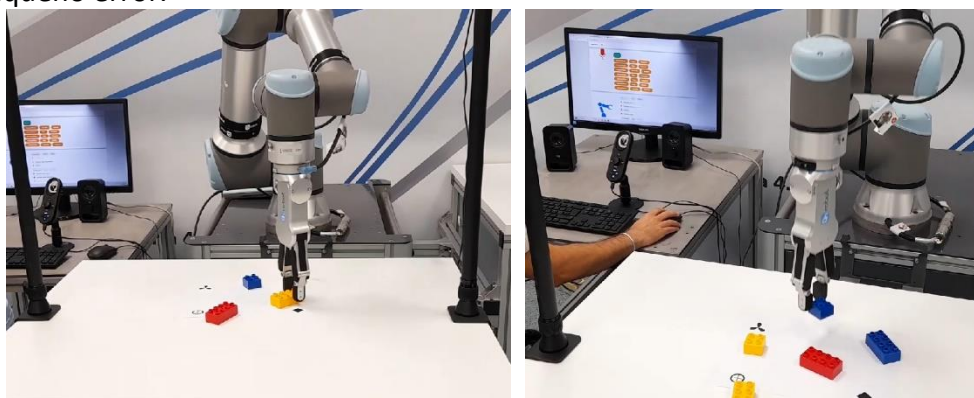


Figura 16: Ejemplo de piezas donde el centro calculado se ha desviado del centro real
Fuente: elaboración propia

Se ha detectado que mínimos movimiento de la mesa de trabajo respecto del robot o de la cámara respecto de la mesa de trabajo obligan a recalibrar todo el sistema para evitar este tipo de desviaciones.

El sistema de montaje de las cámaras se ha realizado mediante bridas que se fijan y ajustan manualmente a los soportes de las mesas. Este sistema es muy sensible a pequeños golpes o movimientos involuntarios de un usuario en las mesas de trabajo que provocan a su vez pequeños desplazamientos en el ángulo de la cámara respecto del plano de trabajo de la mesa, y por tanto induciendo un pequeño error en el cálculo de coordenadas. Estas desviaciones han podido ser corregidas con una recalibración del sistema.

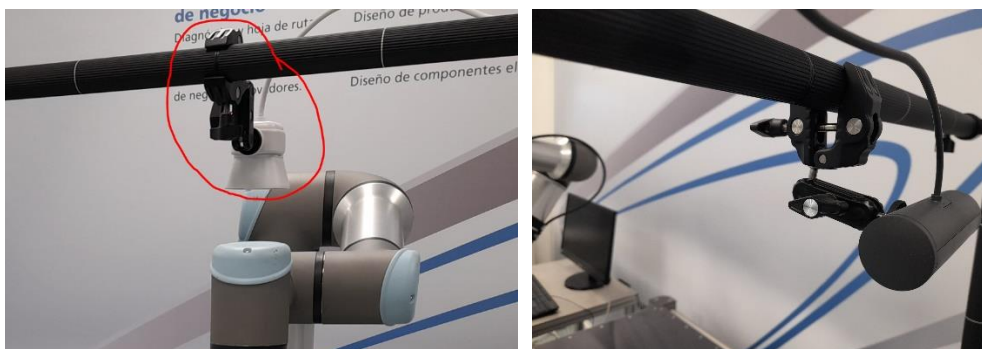


Figura 17: Sujeción de cámaras con bridas a los soportes

Fuente: elaboración propia

2.2.1.3 Sistema de comunicaciones

Durante las pruebas realizadas el sistema de comunicaciones ha transmitido en todos los casos el 100% de las instrucciones reconocidas por el sistema de interpretación del lenguaje natural, recogiendo las piezas según los datos generados por el sistema de descripción del contexto.

Id	Indicador	Valor	Unidades
f	Instrucciones comunicadas	100%	%

Figura 18: Resultados KPIs de validación (iv)

Fuente: elaboración propia.

No se ha detectado ninguna incidencia en el sistema, funcionando satisfactoriamente.

2.2.2 Posibles mejoras

Tras las pruebas de validación llevadas a cabo se han identificado dos posibles áreas de mejora del sistema desarrollado.

- Entrenar el sistema de interpretación del lenguaje natural con una mayor cantidad de expresiones, frases y sinónimos para mejora el porcentaje de acierto en la interpretación de la “intention” DEVOLVER una pieza.
- Realizar en una única bancada solidaria el montaje de robot, mesas de trabajo y cámara. De esta manera, se evitarían calibraciones del sistema debido a pequeños movimientos de la cámara o de las mesas de trabajo respecto del robot.

3 Resultados obtenidos

Los resultados alcanzados con el desarrollo completo del sistema y la prueba piloto realizada se pueden resumir en los siguientes aspectos

- El sistema de interpretación de lenguaje natural funciona correctamente en un entorno controlado donde se acote el ruido externo (especialmente ruidos de voces humanas).
- El entrenamiento del sistema de lenguaje natural requiere incorporar todo tipo de expresiones que puedan modificar un verbo o acción, como son las expresiones del tipo: acércame, dame, tráeme, etc.
- El sistema de descripción del contexto reconoce piezas y calcula correctamente coordenadas y ángulo de agarre.
- El montaje de componentes donde exista la posibilidad de desplazamiento entre componentes (mesa de trabajo, robot, cámara, etc.), requiere de un proceso de calibrado de todo el sistema.

A la hora de validar el piloto desarrollado se contó con la participación de las empresas colaboradoras en el proyecto.

En diferentes reuniones se les encuestó acerca de la idoneidad y adecuación del piloto demostrador, obteniendo las siguientes valoraciones.

Cuestión	HURTADO R.	CFZ	DYMSA	Promedio
El caso de uso planteado refleja condiciones de trabajo de un entorno real	3	5	4	4,0
El demostrador diseñado permite realizar pruebas exhaustivas del sistema simulando condiciones realistas	4	5	4	4,3
Los elementos del demostrador (cámaras, micrófonos, etc.) pueden integrarse en un entorno real sin afectar el trabajo del usuario	4	5	3	4,0

Figura 19: Tabla de cuestiones T6.3

Fuente: elaboración propia.

Las valoraciones se realizaron bajo una escala Likert entre 1 y 5, donde 1 implicaba estar totalmente en desacuerdo con la afirmación y 5 totalmente de acuerdo.

De forma general, las empresas consideran que el piloto implementado refleja las condiciones de trabajo de un entorno real, ha permitido realizar pruebas exhaustivas del sistema desarrollado, y que los elementos del mismo pueden llegar a integrarse en un entorno real de trabajo.

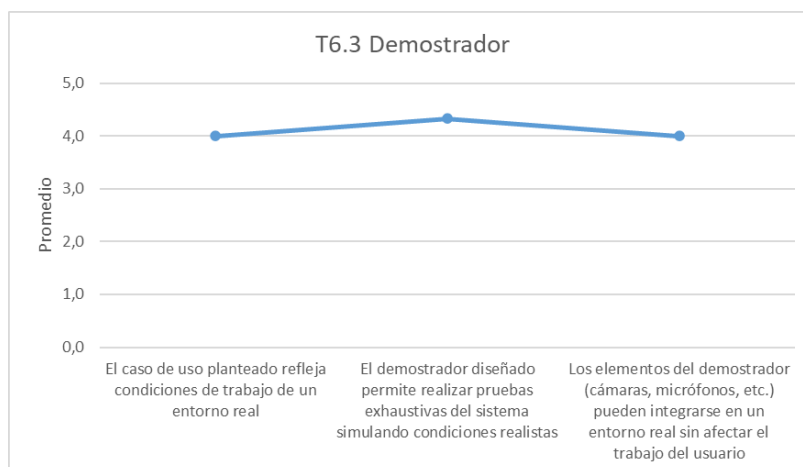


Figura 20: Gráfica promedio T6.3

Fuente: elaboración propia.

Se ha encuestado también a las empresas sobre los resultados alcanzados con el desarrollo tecnológico realizado bajos tres perspectivas: la capacidad para ejecutar las tareas del caso de uso (movimiento de piezas entre dos mesas de trabajo), la facilidad de uso del sistema, y la capacidad de la tecnología para simplificar la generación de instrucciones a un robot.

Cuestión	HURTADO R.	CFZ	DYMSA	Promedio
Es posible ejecutar la tarea planteada en el demostrador mediante el uso de NATURBOT	5	5	5	5,0
El sistema NATURBOT ha sido fácil e intuitivo de utilizar	5	5	5	5,0
NATURBOT supone un método que simplifica la generación de instrucciones a un robot	4	5	5	4,7

Figura 21: Tabla de cuestiones T6.4

Fuente: elaboración propia.

De forma general, las empresas participantes en el proyecto están satisfechas con los resultados alcanzados.

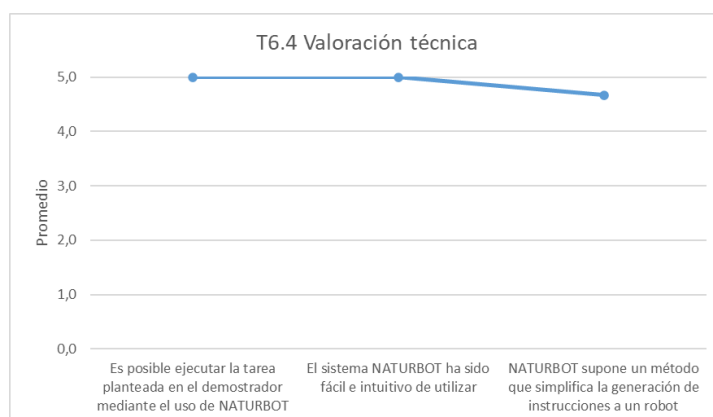


Figura 22: Gráfica promedio T6.4

Fuente: elaboración propia.

4 Conclusiones

Como conclusiones al desarrollo de las actividades ejecutadas en el paquete de trabajo PT6 asociado al presente entregable podemos destacar las siguientes:

- Se ha desarrollado un sistema que extrae instrucciones de bajo nivel, que permiten gestionar un robot colaborativo, a partir de expresiones en lenguaje natural utilizadas en tareas colaborativas.
- Se ha desarrollado un sistema de reconocimiento de piezas de diferente color y tamaño, que contextualiza las instrucciones enviadas al robot y obtiene la posición de cada pieza en coordenadas base para el sistema robot.
- Se han desarrollado elementos software de comunicación entre los sistemas anteriores y el control del robot, que permiten transferir los comandos adecuados para ejecución de tareas de manipulación de piezas entre dos puestos de trabajo.
- Se ha desarrollado un demostrador de los desarrollos realizados, para mostrar a las empresas la aplicación de la tecnología.

5 Anexos y bibliografía

No aplica.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es

www.aidimme.es