ENTREGABLE 3.1
PROYECTOS—
2023-2024

Investigación en sistemas de conversión de lenguaje natural para la programación de robots en tareas colaborativas
"NATURBOT"

Entregable: E3.1. Transferencia de los resultados

Programa: Proyectos de I+D en CCTT en colaboración con empresas
Número de proyecto: 22300046
Expediente: IMDEEA/2023/13
Duración: 16 meses
Coordinado en AIDIMME por: José Luís Sánchez

GENERALITAT VALENCIANA
IVACE+i INSTITUTO VALENCIANO DE COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN
Financiado por la Unión Europea

AIDIMME
INSTITUTO TECNOLÓGICO

ÍNDICE

1 OBJETIVO 1

2 INTRODUCCIÓN 1

3 ALCANCE 3

4 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS 4

4.1 METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS 7
4.2 PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS 9

5 CONCLUSIONES.....16

1 OBJETIVO

El propósito del presente documento es la identificación de las estrategias necesarias para abordar la futura explotación y transferencia de los resultados de investigación identificados en el proyecto "NATURBOT" de nº expediente IMDEEA/2023/13, subvencionado a través del IVACE, financiado por la UE dentro del Programa FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.

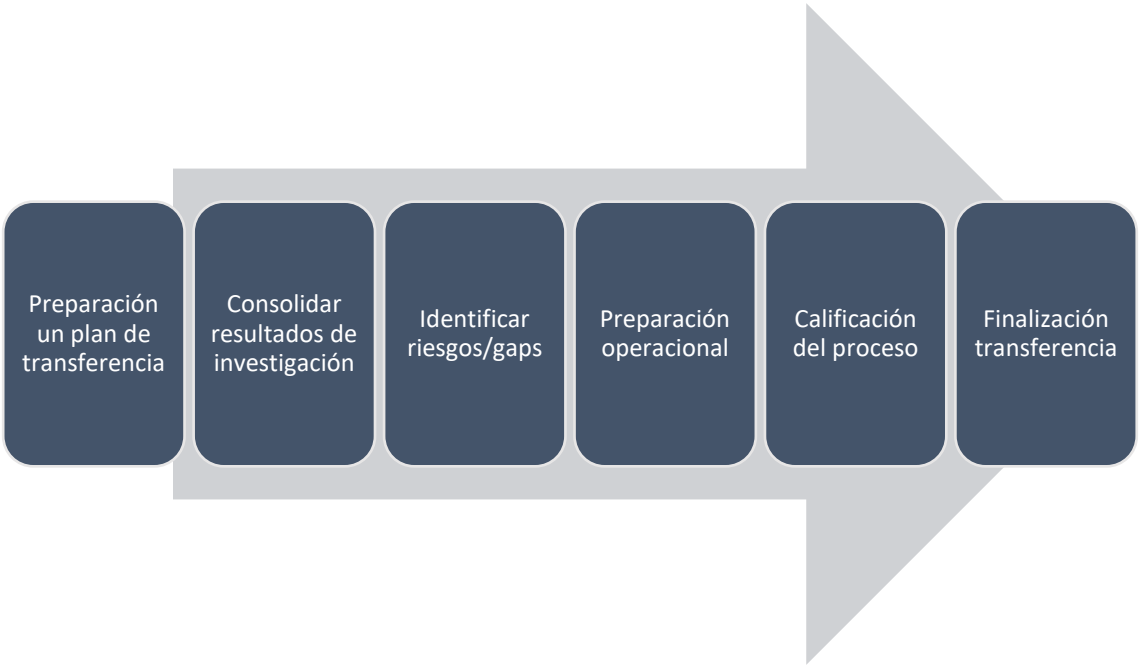
Como punto de partida, el presente entregable describe la participación efectiva de las empresas en el proyecto. A continuación, identifica los elementos clave en la transferencia de los diferentes resultados alcanzados y finalmente se estructura como una guía diseñada para dirigir en el corto, medio y largo plazo, los esfuerzos de AIDIMME en la línea de I+D representada por el proyecto.

2 INTRODUCCIÓN

El propósito de acciones de transferencia de los resultados que pueden ser un proceso de fabricación, un procedimiento analítico, información científica, características de un material o producto o simplemente lecciones aprendidas entre otros de las investigaciones llevadas a cabo en AIDIMME, es la transferencia del conocimiento a donde este proceso de fabricación o procedimiento analítico puede tener funcionalidad. Es decir, entre AIDIMME quién dispone del conocimiento, experiencia operativa e historial del resultado y las entidades receptoras quienes necesitan adquirir dichos conocimientos y experiencia para aplicarlos en su línea de actividad.

Dichos resultados de investigaciones forman la base de un proceso de fabricación, una estrategia, validación de un proceso, así como un punto del que partir hacía próximas mejoras continuas. Son necesarios para continuar el desarrollo y posteriormente alcanzar la categoría de comercialización.
La dinámica de transferencia de resultados en AIDIMME, varía en base a la naturaleza de estos. Es decir, si los resultados son una metodología analítica, una materia prima, un producto final.

En general, un proceso de transferencia de tecnología está formado por seis principales fases:



El proceso de transferencia se basa en la definición del alcance del concepto, de la tecnología, de los resultados alcanzados y alcanzables del proyecto de investigación, así como estimación de costes (CAPEX, OPEX), aspectos relacionados a la calidad, normativas, y gestión de material, etc.

En la presente tipología de proyectos, es clave el papel de las empresas colaboradoras en la articulación de este plan de transferencia.

AIDIMME incluye en su plan de transferencia de tecnología los siguientes componentes:

- Plan de ejecución del proyecto subvencionado (lista de paquetes de trabajo y su plazo de ejecución)
- Hitos y plazos
- Recursos materiales y humanos, así como presupuesto asociado
- Criterios de éxito: estimación cuantitativa de etapas hasta alcanzar objetivo marcado, anticipar rendimientos etc.
- Definición de estructura y pauta de escalado
- Gestión de riesgos
- Estrategia comercial
- Estrategia reguladora
- Comunicaciones entre los investigadores involucrados en el proyecto y las empresas colaboradoras, receptores de resultados transferidos, entre otros destacan acuerdos firmados de colaboración, actas de reuniones, videoconferencias, correos electrónicos.
- Informes de validación.

El éxito de una transferencia tecnológica apropiada depende en mayor medida en el nivel de excelencia en conocimientos y el rendimiento de los investigadores asociados a cada proyecto de I+D, tanto por parte de AIDIMME como los del personal de contacto por parte de las empresas colaboradoras.

3 ALCANCE

La aplicación de robótica tradicional requiere de una etapa previa de estandarización de procesos de forma que una vez se genera el programa de robot, se ejecute de forma continuada en el tiempo sin alteraciones.

El nuevo paradigma de la robótica colaborativa propone la colaboración humano-robot en tareas que pueden ser no estructuradas, y que requerirían la reprogramación continua del robot para ejecutar acciones no repetitivas. En entre nuevo entorno de trabajo se requería de personal experto en programación de robots para generar continuamente adaptaciones o nuevos programas de robot. El personal habitual de línea en una empresa no dispone del conocimiento necesario para programar un robot, y por tanto se hace compleja este tipo de colaboración humano-robot en un puesto de trabajo industrial.

El objetivo general del proyecto es investigar en sistemas complejos que permitan la interacción de una persona con un brazo robótico colaborativo en tiempo real, de forma que se pueda configurar un entorno colaborativo humano-robot en el que las instrucciones al robot puedan impartirse mediante el uso del lenguaje natural.

Este objetivo general requiere de desarrollos particulares que integrados, permiten alcanzar el objetivo descrito:

- Investigación en sistemas de interpretación del lenguaje natural, para descomponer expresiones habitualmente utilizadas en tareas colaborativas, en órdenes elementales.
- Desarrollo de una aplicación de reconocimiento de imágenes (subsistema de reconocimiento del entorno), que permita reconocer una amplia gama de entornos de trabajo (piezas, objetos de trabajo, etc.)
- Desarrollo de un conjunto de operaciones elementales que pueda realizar un robot colaborativo, y que puedan combinarse para ejecutar operaciones complejas de más alto nivel.
- Desarrollo de los elementos software adecuados para comunicar los subsistemas de interpretación y de reconocimiento del entorno con el control del robot, y transferir los comandos adecuados para ejecución de tareas.
- Realización de una prueba piloto del sistema completo.

Los resultados del proyecto, asociados a los objetivos específicos perseguidos, son los siguientes:

- Un sistema basado en IA para obtener instrucciones de bajo nivel, que gestionen un robot colaborativo, a partir de expresiones en lenguaje natural utilizadas en tareas colaborativas.
- Un sistema de reconocimiento de objetos, para generar un entorno de trabajo que contextualice las instrucciones enviadas al robot.
- Elementos software de comunicación entre los sistemas anteriores y el control del robot, que permitan transferir los comandos adecuados para ejecución de tareas.
- Un demostrador de los desarrollos realizados, para mostrar a las empresas la aplicación de la tecnología.

4 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

La transferencia de tecnología comienza con un acuerdo formalizado entre AIDIMME y las empresas industriales de la Comunidad Valenciana, donde se ha detectado la aplicabilidad de los resultados del proyecto, por tanto, forman el grupo al que se dirigirá la transferencia de tecnología.

Es por ello que, en la fase inicial de definición de cada proyecto, firman AIDIMME y las empresas colaboradoras, un documento denominado "Declaración Expresa y Compromiso de Colaboración" que recoge los roles y responsabilidades, las fases y concepto de cada fase en las que participará la empresa colaboradora, los entregables desarrollados conjuntamente entre las dos partes, así como el método de comunicación, visita in situ, videoconferencias etc.

Durante el periodo de ejecución del proyecto se han llevado a cabo reuniones de transferencia de resultados con las empresas colaboradoras donde se compartían las actividades de investigación realizadas y los resultados alcanzados en el momento de cada reunión.

Las acciones de transferencia ejecutadas son las que se indican a continuación:

Resultado obtenido	**Fecha de obtención del resultado**	**Acción de transferencia[1]**	**Fecha de inicio de la acción de transferencia**	**Empresas de la Comunitat Valenciana beneficiarias de la acción**
Sistema del PT4	Mayo 2024	TIPO A - Reuniones individuales de presentación y viabilidad de las soluciones.	Abril 2024	2 empresas nuevas 3 empresas colaboradoras
Sistema del PT5	Junio 2024	TIPO A - Reuniones individuales de presentación y viabilidad de las soluciones.	Junio 2024	3 empresas colaboradoras 1 empresas nuevas
Demostrador Del PT6	Junio 2024	TIPO B – Validación de resultados	Octubre 2024	3 empresas colaboradoras
Demostrador del PT6	Octubre 2024	TIPO A - Workshop de presentación de resultados	Octubre 2024	3 empresas colaboradoras

Se han realizado 4 reuniones por cada empresa colaboradora, donde el objetivo de cada reunión ha sido el siguiente:

- **Reunión 1:** Presentar objetivos del proyecto (con el proyecto iniciado).
- **Reunión 2:** Presentar avances del PT4 y recoger feedback empresas (al final de PT4).
- **Reunión 3:** Presentar avances del PT5 y recoger feedback empresas (al final de PT5).
- **Reunión 4:** Demo final del PT6 y recoger feedback empresas (al final de PT6).

La reunión tipo 1 no está asociada a ningún resultado del proyecto ya que se ha enfocado como una reunión inicial para presentar el proyecto, sus objetivos y comenzar a trabajar con las empresas colaboradoras. Se presenta, a continuación, una tabla similar a la de la memoria de solicitud relacionando resultados y acciones de transferencia.

Resultado obtenido	Fecha de obtención del resultado	Acción de transferencia[1]	Fecha de inicio de la acción de transferencia	Empresas de la Comunitat Valenciana beneficiarias de la acción
Sistema del PT4	Mayo 2024	TIPO A - Reuniones individuales de presentación y viabilidad de las soluciones.	Abril 2024	2 empresas nuevas 3 empresas colaboradoras
Sistema del PT5	Junio 2024	TIPO A - Reuniones individuales de presentación y viabilidad de las soluciones.	Junio 2024	3 empresas colaboradoras 1 empresas nuevas
Demostrador	Junio 2024	TIPO B – Validación de	Octubre 2024	3 empresas colaboradoras

Resultado obtenido	Fecha de obtención del resultado	Acción de transferencia[1]	Fecha de inicio de la acción de transferencia	Empresas de la Comunitat Valenciana beneficiarias de la acción
Del PT6		resultados		
Demostrador del PT6	Octubre 2024	TIPO A - Workshop de presentación de resultados	Octubre 2024	3 empresas colaboradoras

El resultado indicado en la memoria de solicitud como "sistema completo", que incluía los resultados del PT4 y PT5, se ha dividido en dos (resultados del PT4 y resultados del PT5) para poder realizar acciones de transferencia individualizadas. De este modo, no hubo que esperar a septiembre de 2024 para ejecutar acciones de transferencia y se iniciaron en abril de 2024 para los resultados del PT4 y en junio del 2024 para los resultados del PT5.
Las reuniones de tipo A y Tipo B del demostrador del PT6, se realizaron de forma conjunta en Octubre, realizando con cada empresa en la misma fecha primero el workshop de presentación de resultados (TIPO A) y a continuación la validación de resultados (Tipo B).

Tras cada reunión AIDIMME y cada empresa colaboradora participante, firma un "Acta de reunión de proyecto" que recoge los temas tratados, así como las sugerencias y observaciones realizadas por las empresas. Además, en las reuniones enfocadas en los paquetes de trabajo técnicos (PT4, PT5 y PT6) se utilizan cuestionarios para recoger el input de las empresas durante la ejecución de estos.

Además de con las empresas colaboradoras, se han mantenido reuniones puntuales de proyecto con tres empresas o entidades potencialmente interesadas en los resultados del proyecto, tras las cuales también se firmó el "Acta de reunión de proyecto" entre AIDIMME y la empresa.

En total, entre empresas colaboradoras y no colaboradoras se han llevado a cabo quince reuniones de transferencia.

Reunión	Tipo de empresa	Empresa	Fecha
1	Colaboradora	HURTADO RIVAS	24/01/2024
1	Colaboradora	DYMSA INGENIERÍA	24/01/2024
1	Colaboradora	CFZ COBOTS	25/01/2024
2	Colaboradora	HURTADO RIVAS	29/04/2024
2	Colaboradora	DYMSA INGENIERÍA	08/05/2024
2	Colaboradora	CFZ COBOTS	21/05/2024
3	Colaboradora	HURTADO RIVAS	24/06/2024
3	Colaboradora	DYMSA INGENIERÍA	27/06/2024
3	Colaboradora	CFZ COBOTS	21/06/2024
4	Colaboradora	HURTADO RIVAS	22/10/2024
4	Colaboradora	DYMSA INGENIERÍA	30/10/2024
4	Colaboradora	CFZ COBOTS	22/10/2024

Puntual	No Colaboradora	GALESA	18/04/2024
Puntual	No Colaboradora	LOGO2	19/04/2024
Puntual	No Colaboradora	FEMPA	12/06/2024

4.1 METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS

Desarrollo del sistema de interpretación del lenguaje natural.

En primer lugar, se han estudiado las posibles relaciones humano-robot, con especial énfasis en aquellas tareas colaborativas en las que pudiera tener cabida la comunicación por voz mediante lenguaje natural. Se ha definido una ontología que representa el conocimiento y los términos asociados a estas relaciones.

En segundo lugar, se ha llevado a cabo una revisión de sistemas de interpretación del lenguaje natural basados en voz identificando aquellos que mayor aplicabilidad tienen en el proyecto.

A continuación, se ha desarrollado un bot conversacional basado en la tecnología de AWS (Amazon Lex) que interpreta las solicitudes que puede realizar un usuario para un escenario de trabajo en la que se solicita la ayuda de un robot para que le acerque o devuelva un conjunto de piezas con colores y tamaños definidos. Se ha desarrollado también una interfaz de usuario que se complementa con el bot que interpreta las instrucciones del usuario.

Finalmente, se han llevado a cabo pruebas preliminares de funcionamiento con diferentes usuarios con el objetivo de validar el funcionamiento del sistema.

Desarrollo del sistema de descripción del contexto.

En primer lugar, se han estudiado posibles escenarios en la interacción humano-robot, con especial énfasis en identificar el grado de interacción, si se comparte el espacio físico entre el humano y el robot, así como si se realizan las tareas al mismo tiempo.

En segundo lugar, se ha llevado a cabo una investigación sobre metodologías de reproducción de escenarios, identificando tanto sistemas para reconocer y capturar información de la tarea que realiza el humano, como para el reconocimiento de objetos (piezas o herramientas). A continuación, se han definido los posibles escenarios de interacción humano-robot sobre los que se centran los desarrollos del proyecto.

El siguiente paso ha sido desarrollar un sistema de visión artificial que permite reconocer e identificar la forma geométrica de la pieza, el color de esta, su ubicación dentro del

espacio de la imagen tomada, así como la rotación dentro del plano de la imagen.

A continuación, se ha desarrollado un método de calibración y transformación de coordenadas que permite obtener las coordenadas “x,y” y la rotación de las piezas en el mismo sistema de coordenadas que utilice el robot.

Finalmente, se han llevado a cabo pruebas preliminares de funcionamiento con varias piezas con el objetivo de validar el funcionamiento del sistema.

Desarrollo del sistema de comunicaciones.

En primer lugar, se ha definido un flujo de acciones a realizar por el robot cada vez que reciba una instrucción de trabajo. Este flujo de acciones se basa en movimientos de aproximación a las mesas de trabajo en puntos fijos del espacio de trabajo, así como movimientos finales de agarre / liberación de pieza a las coordenadas capturadas por el sistema de reconocimiento del entorno (desarrollo del PT5).

En segundo lugar, se analizan los diferentes métodos de interacción con un robot enfocándose en detalle en aquellos que permiten el control de un modelo UR16e de forma remota (dashboard, RTDE e interfaz Secundaria de programación).

Finalmente, se documentan los diferentes pasos llevados a cabo para el desarrollo del sistema completo de generación y comunicación de instrucciones con el robot, detallando la configuración del protocolo modbus en el robot, el servidor modbus, la aplicación de control del robot, y la ejecución del programa.

Desarrollo del demostrador y pruebas piloto

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.

En la siguiente tabla se ofrece una comparativa entre los resultados esperados indicados en la memoria de solicitud, los resultados finalmente alcanzados y las desviaciones incurridas.

Resultados esperados	Resultados alcanzados	Desviaciones
-Un sistema basado en IA para obtener instrucciones de bajo nivel, que gestionen un robot colaborativo, a partir de expresiones en lenguaje natural utilizadas en tareas colaborativas.	-Un sistema de interpretación del lenguaje natural por voz, entrenado para reconocer las demandas de un usuario y el tipo de pieza que desea manipular.	No existen desviaciones
Un sistema de reconocimiento de objetos estáticos y elementos en movimiento, para generar un entorno de trabajo que contextualice las instrucciones enviadas al robot.	-Un sistema de descripción del entorno, que reconoce las piezas de trabajo, obtiene coordenadas y ángulo de agarre en base robot	No existen desviaciones
Elementos software de comunicación entre los sistemas anteriores y el control del robot, que permitan transferir los comandos adecuados para ejecución de tareas.	-Sistema de comunicaciones que transmite al robot instrucciones de trabajo basadas en las demandas del usuario emitidas en lenguaje natural y la información del sistema de descripción del contexto.	No existen desviaciones
-Un demostrador de los desarrollos realizados, para mostrar a las empresas la aplicación de la tecnología	- Piloto demostrador compuesto por un robot UR, dos mesas de trabajo y un sistema de cámaras donde se aplican los desarrollos tecnológicos del proyecto	No existen desviaciones

4.2 PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS

Empresa 1: HURTADO RIVAS, S.L

La empresa HURTADO RIVAS, S.L. ha participado en los tres paquetes de trabajo técnicos del proyecto, enfocado su trabajo en las siguientes tareas:

- PT4- INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE NATURAL
  - T4.1- Definición de ontologías en la interacción humano-robot
  - T4.4- Desarrollo de pruebas
- PT5- DESARROLLO DEL SISTEMA DE DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO
  - T5.1- Análisis de escenarios en la interacción humano-robot
  - T5.3- Generación de algoritmos y desarrollo del sistema de transferencia de posiciones
  - T5.4- Desarrollo de pruebas
- PT6- DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN. REALIZACIÓN PRUEBA PILOTO
  - T6.1- Programación de instrucciones elementales
  - T6.2- Desarrollo de software de comunicación
  - T6.3- Desarrollo del demostrador

T6.4- Validación del sistema y conclusiones

Se han llevado a cabo cuatro reuniones con la empresa, según el siguiente calendario:

Reunión	Empresa	Fecha reunión	Acta	Cuestionario
1	HURTADO RIVAS	24/01/2024	SI	No aplica
2	HURTADO RIVAS	29/04/2024	SI	SI – PT4
3	HURTADO RIVAS	24/06/2024	SI	SI-PT5
4	HURTADO RIVAS	22/10/2024	SI	SI- PT6

Reunión 1: 24/01/2024
Se expone la necesidad y los objetivos del proyecto de programación de robots mediante lenguaje natural del usuario, los desarrollos iniciados, la propuesta inicial de escenarios de trabajo y se discuten posibles aplicaciones y requisitos de los sistemas.
Por parte de la empresa se proponen aplicaciones de automatización industrial, donde el operario diera por voz parámetros de la automatización.
En concreto, la empresa identifica operaciones de paletizado, encajado, gestión de AGV o robots que trabajan en varias líneas. El operario podría dar por voz parámetros como la referencia, número de capas de paletizado, si debe etiquetar o no, línea de trabajo, si quiere bajar la velocidad, ajustes de la garra, etc.
Hurtado Rivas propone ciertos parámetros que el usuario puede introducir en líneas automatizadas que considera que podrían llegar a ser introducidas por voz, para valorar la posibilidad de uso del sistema voz.

Reunión 2: 29/04/2024
Se exponen los avances realizados en el PT4 (Investigación en sistemas de interpretación de lenguaje natural) y se revisan dos vídeos grabados por AIDIMME del funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz trabajado.
Por parte de la empresa se identifica que una nueva aplicación que puede tener el sistema es la asistencia en el puesto de trabajo a personas con algún tipo de discapacidad visual.
La empresa rellena un cuestionario para valorar y recoger aportaciones finales respecto de las actividades desarrolladas en el PT4.

Reunión 3:24/06/2024
Se revisa el desarrollo del sistema de descripción del contexto basado en las cámaras que capturan imágenes de las piezas.
Por parte de la empresa se identifica que detectar la altura de la pieza puede ser interesante en aplicaciones donde no se trabaja en un mismo plano.
Desde Hurtado Rivas se comenta que para escalar los resultados con un TRL más elevado en industria habría que subir los tiempos de ciclo con robots industriales (no colaborativos). Habría que diseñar un sistema de seguridad para robot industrial donde

el operario pudiera entrar a realizar su tarea.
La empresa identifica que el sistema tiene mayor aplicación en sector automóvil y aeroespacial (piezas de plástico y metalmecánico). Premontajes o montajes donde se requiere ayuda.
Se rellena un cuestionario de toma de datos para ordenar y agrupar las aportaciones de la empresa en el PT5.

Reunión 4: 22/10/2024
Se revisa el sistema desarrollado para generar instrucciones elementales y comunicarlas con el robot. De forma detallada se revisan los desarrollos de las tareas:
T6.1.-Programación de instrucciones elementales
T6.2.- Desarrollo de software de comunicación
Se revisa el desarrollo del demostrador realizado (T6.3), sus componentes (robot, cámaras, mesas de trabajo, etc) y su función.
Se realiza una validación del sistema (T6.4) realizando una prueba el personal de AIDIMME, donde se le solicitan por voz piezas al robot y este las entrega.
El personal de la empresa realiza una prueba similar con el sistema.

Empresa 2: DYMSA INGENIERÍA, S.L

La empresa DYMSA INGENIERÍA, S.L. ha participado en los tres paquetes de trabajo técnicos del proyecto, enfocado su trabajo en las siguientes tareas:

- PT4- INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE NATURAL
    - T4.1- Definición de ontologías en la interacción humano-robot
    - T4.4- Desarrollo de pruebas
- PT5- DESARROLLO DEL SISTEMA DE DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO
    - T5.1- Análisis de escenarios en la interacción humano-robot
    - T5.3- Generación de algoritmos y desarrollo del sistema de transferencia de posiciones
    - T5.4- Desarrollo de pruebas
- PT6- DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN. REALIZACIÓN PRUEBA PILOTO
    - T6.1- Programación de instrucciones elementales
    - T6.2- Desarrollo de software de comunicación
    - T6.3- Desarrollo del demostrador
    - T6.4- Validación del sistema y conclusiones

Se han llevado a cabo cuatro reuniones con la empresa, según el siguiente calendario:

Reunión	Empresa	Fecha reunión	Acta	Cuestionario
1	DYMSA INGENIERÍA	24/01/2024	SI	No aplica
2	DYMSA INGENIERÍA	08/05/2024	SI	SI – PT4

3	DYMSA INGENIERÍA	27/06/2024	SI	SI-PT5
4	DYMSA INGENIERÍA	30/10/2024	SI	SI- PT6

Reunión 1: 24/01/2024

Se expone la necesidad y los objetivos del proyecto de programación de robots mediante lenguaje natural del usuario, los desarrollos iniciados, la propuesta inicial de escenarios de trabajo y se discuten posibles aplicaciones y requisitos de los sistemas.

Se discuten con la empresa posibles aplicaciones de este tipo de soluciones y se avanza en la definición final de requisitos de los diferentes sistemas.

Dymsa considera que una aplicación muy interesante sería su utilización en control de procesos: un operario realiza inspecciones de piezas y utiliza el sistema para indicar por voz si una pieza debe ser retirada y mandarse a una segunda línea de procesado. Todo lo relacionado con apoyo en inspecciones de calidad podría tener aplicación. No solo el manejo del robot, sino otros elementos del sistema: luz, motores de línea, etc.

Reunión 2: 08/05/2024

En la reunión participaron dos personas de Dymsa, una de manera virtual (reunión de Teams) y otra persona en las instalaciones de AIDIMME.

Se exponen los avances realizados en el PT4 (Investigación en sistemas de interpretación de lenguaje natural) y se revisan dos vídeos grabados por AIDIMME del funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz trabajado.

Por parte de la empresa, se revisa como puede encajar en otros entornos de trabajo industriales diferentes al caso de uso utilizado, así como el plan de pruebas del sistema y se aportan indicaciones basadas en entornos industriales.

La empresa considera interesante que la persona usuaria pudiera emitir una secuencia completa de órdenes y el robot las ejecutara todas, sin tener que ir una a una. Así el usuario puede ponerse a realizar otras tareas. La empresa rellena un cuestionario para valorar y recoger aportaciones finales respecto de las actividades desarrolladas en el PT4.

Reunión 3: 27/06/2024

Se revisa el desarrollo del sistema de descripción del contexto basado en las cámaras que capturan imágenes de las piezas. Se realiza una demostración del sistema desarrollado, utilizando varias piezas con las que se ha entrenado el sistema, y algunas otras nuevas. Se rellena un cuestionario de toma de datos para ordenar y agrupar las aportaciones de la empresa en el PT5.

DYMSA propone utilizar pantallas led para mejorar la iluminación y no generar sombras en las fotos de las piezas

Reunión 4: 30/10/2024
Se revisa el sistema desarrollado para generar instrucciones elementales y comunicarlas con el robot. De forma detallada se revisan los desarrollos de las tareas:
T6.1.-Programación de instrucciones elementales
T6.2.- Desarrollo de software de comunicación
Se revisa el desarrollo del demostrador realizado (T6.3), sus componentes (robot, cámaras, mesas de trabajo, etc) y su función.
Se muestran varios ejemplos de pruebas de funcionamiento del sistema completo (T6.4), bajo diferentes circunstancias.
Se rellena un cuestionario para ordenar y agrupar las aportaciones de la empresa en esta actividad
La empresa propone que sirva para manipular varias piezas iguales. El sistema debería de incorporar reglas de decisión sobre que pieza manipular primero. Se propone emplear sistemas de amarre de cámara más robustos.

Empresa 3: CFZ COBOTS, S.L

La empresa CFZ COBOTS, S.L. ha participado en los tres paquetes de trabajo técnicos del proyecto, enfocado su trabajo en las siguientes tareas:

- PT4- INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS DE INTERPRETACIÓN DE LENGUAJE NATURAL
  - T4.1- Definición de ontologías en la interacción humano-robot
  - T4.4- Desarrollo de pruebas
- PT5- DESARROLLO DEL SISTEMA DE DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO
  - T5.1- Análisis de escenarios en la interacción humano-robot
  - T5.3- Generación de algoritmos y desarrollo del sistema de transferencia de posiciones
  - T5.4- Desarrollo de pruebas
- PT6- DESARROLLO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN. REALIZACIÓN PRUEBA PILOTO
  - T6.1- Programación de instrucciones elementales
  - T6.2- Desarrollo de software de comunicación
  - T6.3- Desarrollo del demostrador
  - T6.4- Validación del sistema y conclusiones

Se han llevado a cabo cuatro reuniones con la empresa, según el siguiente calendario:

Reunión	Empresa	Fecha reunión	Acta	Cuestionario
1	CFZ COBOTS	25/01/2024	SI	No aplica
2	CFZ COBOTS	21/05/2024	SI	SI – PT4
3	CFZ COBOTS	21/06/2024	SI	SI-PT5
4	CFZ COBOTS	22/10/2024	SI	SI- PT6

Reunión 1: 25/01/2024

Se expone la necesidad y los objetivos del proyecto de programación de robots mediante lenguaje natural del usuario, los desarrollos iniciados, la propuesta inicial de escenarios de trabajo y se discuten posibles aplicaciones y requisitos de los sistemas.

Se discuten con la empresa posibles aplicaciones de este tipo de soluciones y se avanza en la definición final de requisitos de los diferentes sistemas.

CFZ identifica con principal handicap para un uso industrial el ruido de máquinas que hay en una fábrica. Se propone testar el sistema con ruido.

La empresa considera una buena aplicación en montaje de componentes electrónicos, ayudando al operario y reducir su fatiga natural.

Un escenario de pruebas interesante sería acciones repetitivas del robot, y cuando el operario le pide ayuda, el robot para y ejecuta las acciones de ayuda.

Reunión 2: 21/05/2024

Se exponen los avances realizados en el PT4 (Investigación en sistemas de interpretación de lenguaje natural) y se muestra un ejemplo del funcionamiento del sistema de reconocimiento de voz desarrollado en la sala donde se ha ubicado el demostrador. Se piden piezas de diferentes tamaños y colores y se verifica si el reconocimiento es adecuado.

Se revisa como puede encajar en otros entornos de trabajo industriales diferentes al caso de uso utilizado. Se expone el plan de pruebas del sistema y se aportan indicaciones basadas en entornos industriales. Se pretende probar con diferentes tipos de ruidos y perfiles de usuarios.

CFZ identifica problemática con el ruido. Puede generar confusión. Se identifican aplicaciones de montaje con muchas piezas diferentes, donde el operario tiene que hacer montajes diferentes.

Ante problemas de ruido de fondo, desde AIDIMME se realizan pruebas encendiendo y apagando el micrófono con cada frase, para no saturar de ruido externo.

Reunión 3:21/06/2024

Se revisa el desarrollo del sistema de descripción del contexto basado en las cámaras que capturan imágenes de las piezas.

Se realiza una demostración del sistema desarrollado, utilizando varias piezas con las que se ha entrenado el sistema, y algunas otras nuevas.

La empresa considera que es importante tener en cuenta la posición de la cámara respecto del robot, para que las coordenadas de las piezas se envíen al robot correctamente. Se requerirá de un sistema de calibración con cada arranque.

Reunión 4: 22/10/2024

Se revisa el sistema desarrollado para generar instrucciones elementales y comunicarlas con el robot. De forma detallada se revisan los desarrollos de las tareas:

T6.1.-Programación de instrucciones elementales

T6.2.- Desarrollo de software de comunicación

Se revisa el desarrollo del demostrador realizado (T6.3), sus componentes (robot, cámaras, mesas de trabajo, etc) y su función.

Se realiza una validación del sistema (T6.4) realizando una prueba el personal de AIDIMME, donde se le solicitan por voz piezas al robot y este las entrega.

El personal de la empresa realiza una prueba similar con el sistema.

La empresa propone como punto de mejora que el montaje del demostrador fuera en una bancada fija para evitar errores en el cálculo de coordenadas y evitar recalibraciones. Como paso a futuro, propone realizar pruebas en un entorno industrial con ruido de maquinaria y posibles voces de fondo de otros operarios.

Se rellena un cuestionario para ordenar y agrupar las aportaciones de la empresa en esta actividad.

5 Conclusiones

Con el proyecto NATURBOT ha desarrollado un sistema innovador de interacción humano-robot basado en el lenguaje natural, con el objetivo de facilitar tareas colaborativas en entornos industriales. El desarrollo del proyecto ha generado los siguientes resultados:

- Sistema de interpretación de lenguaje natural: capaz de convertir comandos de voz en instrucciones para robots colaborativos.
- Sistema de reconocimiento de objetos: identifica piezas y su posición en un entorno de trabajo.
- Software de comunicación: que integra ambos sistemas para controlar un brazo robótico en tiempo real.
- Demostrador funcional: que valida la tecnología y demuestra su aplicabilidad en la industria.

Los resultados permiten avanzar en la integración de robots colaborativos en líneas de producción, reduciendo la necesidad de personal especializado en programación.

Durante las actividades de transferencia del proyecto, las empresas participantes han generado las siguientes aportaciones a los resultados del proyecto.

<u>HURTADO RIVAS, S.L.</u>

Contribuciones:

- Identificación de aplicaciones industriales como el paletizado y asistencia para personas con discapacidades.

Resultados Relacionados:

- Sus aportes ayudaron a diseñar un piloto demostrativo que pudiera replicar aplicaciones prácticas que amplían la usabilidad del sistema en entornos industriales complejos.

<u>DYMSA INGENIERÍA, S.L.</u>

Contribuciones:

- Propuestas para la mejora de iluminación y reducción de sombras en las capturas de piezas.
- Ideas para la gestión de procesos de inspección de calidad mediante comandos de voz.

Resultados Relacionados:

- Sus sugerencias mejoraron la precisión del sistema de visión y pusieron el foco sobre el sistema de calibración para la obtención de coordenadas de pieza en base robot.

CFZ COBOTS, S.L.

Contribuciones:

- Identificación de desafíos en entornos industriales, como el ruido.
- Propuestas para optimizar la calibración de cámaras y fijación de componentes del demostrador.
- Aplicaciones en el montaje de componentes electrónicos.

Resultados Relacionados:

- Su enfoque permitió aumentar la robustez del sistema e identificar como preparar la tecnología para escenarios industriales reales.

De forma general podemos concluir que la colaboración con las empresas ha generado inputs al proyecto bajo estas tres perspectivas:

- Innovación Técnica: Las empresas colaboradoras ayudaron a definir necesidades reales, de los sectores industriales.
- Validación Práctica: Las pruebas realizadas con las empresas aseguraron que los sistemas fueran aplicables fuera de un entorno de laboratorio.
- Proyecciones Futuras: Las sugerencias sobre escalabilidad y nuevas funcionalidades guiarán los siguientes pasos para avanzar en alcanzar TRLs más elevados

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