



**FACULTAD  
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

# Realidad Aumentada para la optimización de procedimientos *batch* en la industria

Autor:

Iván Szkrabko

Director:

Leandro Lanzieri (UTN)

Jurados:

Nombre y Apellido (1) (pertenencia (1))

Nombre y Apellido (2) (pertenencia (2))

Nombre y Apellido (3) (pertenencia (3))

*Este trabajo fue realizado en el curso de Gestión de proyectos  
entre el 27 de junio de 2020 y el 22 de Agosto de 2020.*

## Índice

Registros de cambios . . . . .	3
Acta de constitución del proyecto . . . . .	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar . . . . .	5
Identificación y análisis de los interesados . . . . .	5
1. Propósito del proyecto . . . . .	6
2. Alcance del proyecto . . . . .	6
3. Supuestos del proyecto . . . . .	6
4. Requerimientos . . . . .	7
5. Entregables principales del proyecto . . . . .	7
6. Desglose del trabajo en tareas . . . . .	7
7. Diagrama de Activity On Node. . . . .	8
8. Diagrama de Gantt . . . . .	9
9. Matriz de uso de recursos de materiales . . . . .	10
10. Presupuesto detallado del proyecto. . . . .	10
11. Matriz de asignación de responsabilidades . . . . .	10
12. Gestión de riesgos . . . . .	11
13. Gestión de la calidad . . . . .	13
14. Comunicación del proyecto. . . . .	14
15. Gestión de Compras . . . . .	14
16. Seguimiento y control. . . . .	14
17. Procesos de cierre . . . . .	15

## Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	27/06/2020
1.1	Primera versión, completo hasta punto 6	10/07/2020
1.2	Completo hasta punto 11	30/07/2020

## Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 27 de junio de 2020

Por medio de la presente se acuerda con el Ing.Iván Szkrabko que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Sistemas Embebidos se titulará “Realidad Aumentada para la optimización de procedimientos *batch* en la industria”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de una aplicación de software para la supervisión y control de procesos *batch* en la industria, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 640 hs de trabajo y \$ 2500, con fecha de inicio 27 de junio de 2020 y fecha de presentación pública 22 de diciembre de 2020.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg  
Director posgrado FIUBA

Alejandro Carrasco  
ABB

Leandro Lanzieri  
Director del Trabajo Final

Nombre y Apellido (1)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (2)  
Jurado del Trabajo Final

Nombre y Apellido (3)  
Jurado del Trabajo Final

## Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

El presente proyecto consiste en desarrollar una interfaz de realidad aumentada, para que los operadores de plantas industriales puedan interactuar con un sistema de control distribuido de una manera practica e innovadora. La solución hace foco en la capacitación de los operadores, mediante el uso de rutinas *batch*. Con el fin de guiarlos a través de los distintos procedimientos industriales, como pueden ser, arranques o paradas de emergencia en equipos críticos como hornos, calderas y reactores. La solución se implementara sobre un equipo de realidad aumentada de ultima tecnología de Microsoft denominado HoloLens2. Su plataforma de desarrollo se divide en dos áreas. Por un lado tenemos las interfaces visuales, las cuales se diseñan en Unity3D, que es una conocida plataforma para el desarrollo de videojuegos. Por otro lado tenemos el backend, este se desarrollara en .NET utilizando CSharp como lenguaje de programación. La aplicación embebida se comunicara con un servidor local a través de una APIrest, y desde el mismo se enviaran los datos pertinentes al sistema de control distribuido de ABB, a través del *standard* industrial OPC (*Open Platform Communications*).

En la Figura 1 se puede observar de izquierda a derecha el flujo de la información, que comienza con un *input* en la interfaz visual por parte del operador y termina con una acción determinada en el sistema de control.

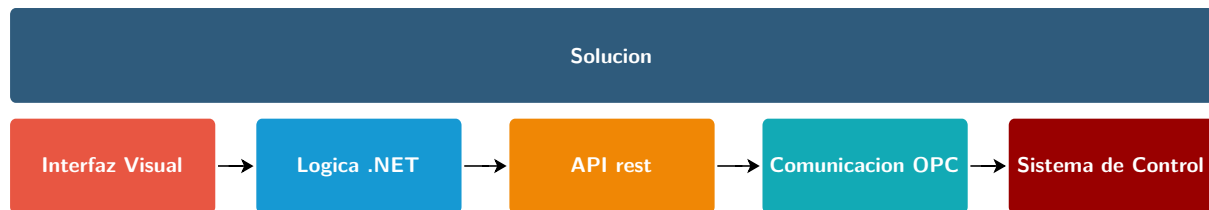


Figura 1: Diagrama en bloques simplificado

## Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Auspiciante	Víctor Toledo	ABB	Gerente de Operaciones
Cliente	Alejandro Carrasco	ABB	Gerente de Ingeniería
Impulsor	Guillermo Lamana	ABB	Project Manager
Responsable	Iván Szkrabko	FIUBA	Alumno
Orientador	Leandro Lanzieri	UTN	Director Trabajo final

Análisis de los interesados:

- Auspiciante: es riguroso y exigente con la utilización de los recursos y el tiempo.
- Cliente: es detallista y busca que el producto sea perfecto.

- Impulsor: es una persona que tiene además un rol de facilitador.
- Orientador: será una fuente valiosa de consulta.

## 1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es innovar en la interacción entre los operadores y los sistema de control distribuidos, para impulsar nuevas soluciones en el área de la automatización industrial. Se busca explorar las oportunidades que ofrece la realidad aumentada para mejorar y optimizar las tareas de los operadores, además de agilizar el entrenamiento de nuevos operarios y mejorar la seguridad para procedimientos bajo situaciones de emergencia.

## 2. Alcance del proyecto

**El alcance del proyecto contempla:**

- Desarrollar una interfaz visual para el HoloLens2 que permita realizar el seguimiento de procesos *batch* y rutinas de emergencia.
- Desarrollar una interfaz de comunicación entre el HoloLens2 y un servidor web a través de una APIrest.
- Desarrollar una interfaz de comunicación OPC entre el servidor web y el sistema de control.
- Implementar lecturas de códigos QR para lograr el reconocimiento de equipos en planta.
- Implementar un modo de visualización donde los elementos físicos de planta se complementen con la información del sistema de control, para indicar al operador el estado de cada elemento y sus propiedades en el sistema.
- Implementar visualización de despieces mecánicos para guiar a los operadores en las tareas de mantenimiento.

**El alcance del proyecto no incluye:**

- Aquellas funcionalidades que no se encuentren contempladas dentro del alcance definido.

## 3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- Se dispone de 48 hs semanales para dedicar al desarrollo de la solución
- Se tiene acceso al HoloLens2 durante el desarrollo de la solución

## 4. Requerimientos

A continuación se listan los requerimientos en base a las distintas etapas de la solución:

1. Requerimientos asociados al desarrollo de la interfaz visual:
  - 1.1. La interfaz debe ser intuitiva y simple.
  - 1.2. El idioma definido es ingles.
2. Requerimientos asociados al desarrollo de lógica en .NET:
  - 2.1. La aplicación debe ser fluida y responder sin demoras apreciables por el operador, estableciéndose así el límite máximo de espera en 2 segundos.
  - 2.2. La aplicación debe poder hacer operaciones GET y POST sobre un servidor web, ya sea local o en la nube.
3. Requerimientos asociados a la API rest:
  - 3.1. La API no sera de acceso publico, solo podrá ser consultada por las aplicaciones que poseen un *token* de seguridad.
4. Requerimientos asociados a la interfaz de comunicación con el sistema de control:
  - 4.1. La solución debe poder consultar una serie de datos específicos a elección, de los elementos que pertenecen al sistema de control.
  - 4.2. La comunicación debe cumplir con el *standard* OPC.

## 5. Entregables principales del proyecto

Se entregarán los siguientes elementos:

- Manual de uso
- Diagrama esquemático
- Informe final

## 6. Desglose del trabajo en tareas

Se divide el trabajo del proyecto en tareas y subtareas. Para facilitar el seguimiento, ninguna subtaska consumirá más de 40 horas:

1. Investigación (Total: 24 hs)
  - 1.1. Búsqueda de referencias a proyectos similares. (8 hs)
  - 1.2. Búsqueda y análisis de *frameworks* útiles para desarrollar las soluciones. (8 hs)
  - 1.3. Investigación de los servicios de Azure, para integrar al desarrollo. (8 hs)

2. Desarrollo de la interfaz visual: (Total: 88 hs)
  - 2.1. Diseño de interfaz para la lectura de códigos QR. (16 hs)
  - 2.2. Diseño de interfaz para visualización de la información de los elementos del sistema de control. (16 hs)
  - 2.3. Diseño de interfaz para guiar al operador a través de los distintos pasos del procedimiento *batch*. (40 hs)
  - 2.4. Pruebas, correcciones y mejoras. (16 hs)
3. Desarrollo de la lógica para la interfaz visual: (Total: 136 hs)
  - 3.1. Desarrollo de la lógica para realizar las lecturas de códigos QR. (40 hs)
  - 3.2. Desarrollo de la lógica para realizar la interacción del operador con los datos del sistema. (32 hs)
  - 3.3. Desarrollo de la lógica para guiar al operador a través de los distintos pasos del procedimiento *batch*. (32 hs)
  - 3.4. Pruebas, correcciones y mejoras. (32 hs)
4. Desarrollo de la API Rest (Total: 152 hs)
  - 4.1. Investigación de distintas tecnologías. (16 hs)
  - 4.2. Desarrollo de la solución:
    - 1) Programación de *endpoints*. (40 hs)
    - 2) Implementación de medidas de seguridad de la API. (40 hs)
    - 3) *Hosting* de la API. (40 hs)
  - 4.3. Pruebas, correcciones y mejoras. (16 hs)
5. Desarrollo de la interfaz de comunicación OPC (Total: 160 hs)
  - 5.1. Investigación de *frameworks* y análisis del protocolo (40 hs)
  - 5.2. *Deploy* del cliente OPC (40 hs)
  - 5.3. Desarrollo de la comunicación con el server OPC (40 hs)
  - 5.4. Pruebas, correcciones y mejoras. (40 hs)
6. Pruebas integrales (Total: 32 hs)
7. Documentación (Total: 32 hs)
8. Presentaciones al cliente (Total: 16 hs)

Cantidad total de horas: (640 hs)

## 7. Diagrama de Activity On Node

Los tiempos de las tareas en la Figura 2 se encuentran expresados en horas:



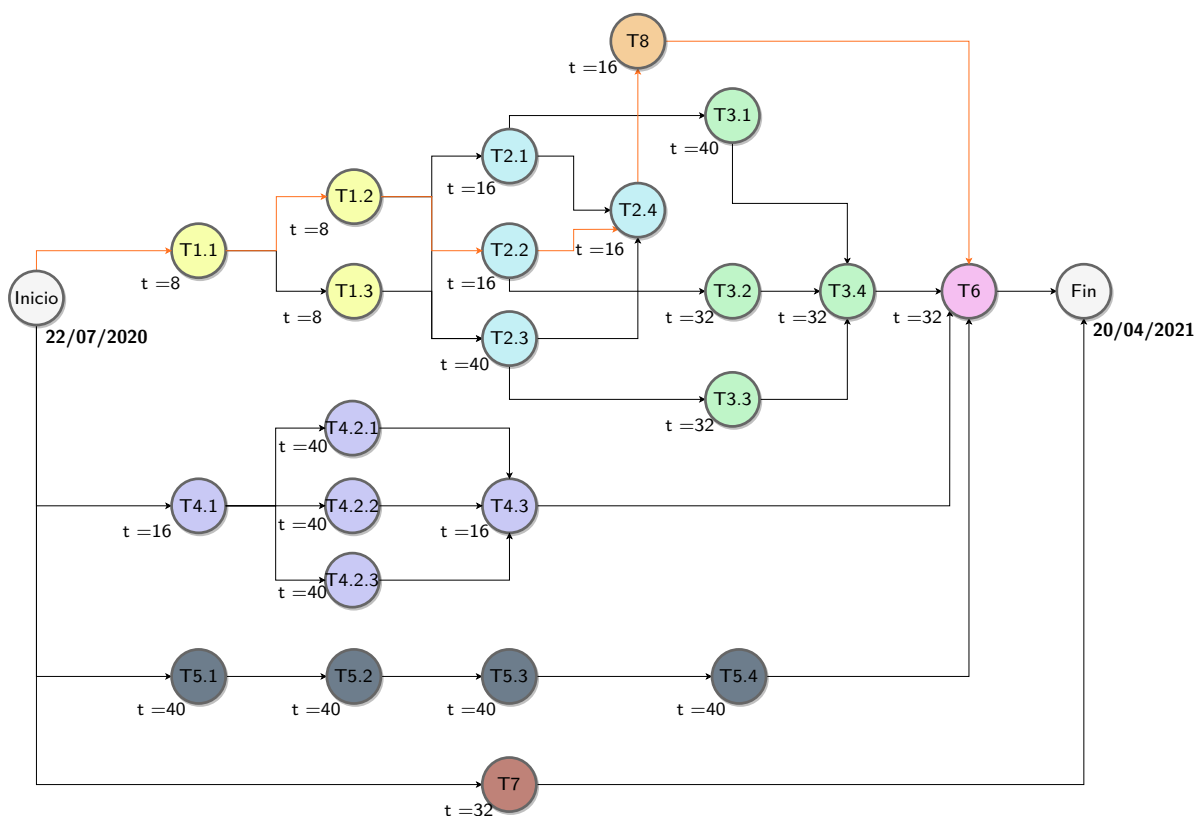


Figura 2: Diagrama Activity On Node

En el AON se marco con color rojo el considerado camino critico del proyecto. Si bien hay un conjunto de tareas en paralelo a lo largo del camino critico, las tareas que atraviesa son las que se consideran de mayor riesgo y dificultad.

## 8. Diagrama de Gantt

Se elaboro el siguiente diagrama considerando una cantidad de 15 horas semanales efectivas de trabajo:

Name	Begin date	End date
• T1:Investigacion	22/7/20	6/8/20
• T2:Desarrollo de la interfaz visual	7/8/20	6/10/20
• T3:Desarrollo de la lógica para la interfaz visual	12/8/20	12/11/20
• T4:Desarrollo de la API Rest	15/10/20	27/1/21
• T5:Desarrollo de la interfaz de comunicación OPC	22/10/20	12/3/21
• T6:Pruebas integrales	1/2/21	19/2/21
• T7:Documentación	29/7/20	19/4/21
• T8:Presentaciones al cliente	7/10/20	14/12/20

Figura 3: Tabla con fechas de inicio y fin

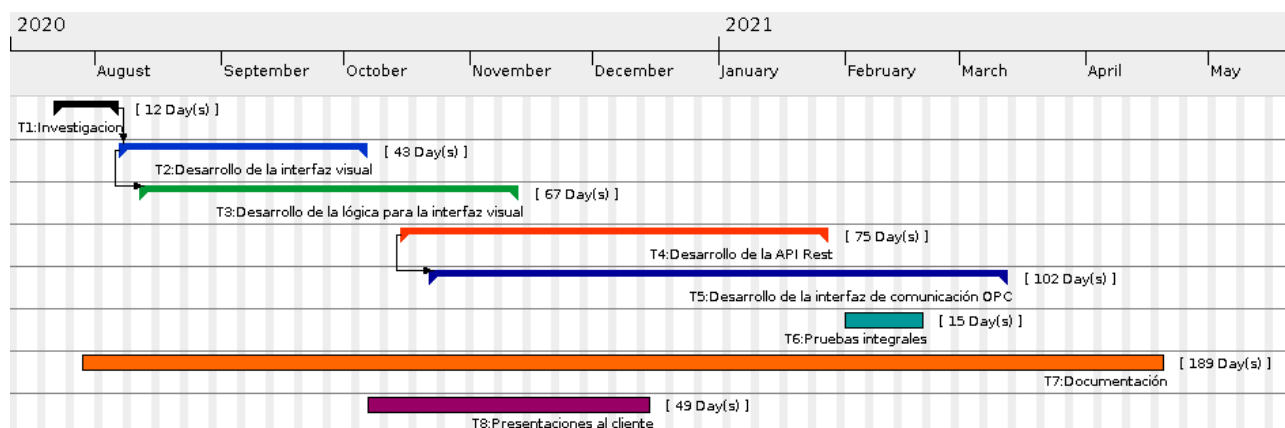


Figura 4: Diagrama de Gantt

## 9. Matriz de uso de recursos de materiales

Codigo WBS	Nombre Tarea	Recursos Requeridos	
		PC	HoloLens2
T1	Investigación	24	-
T2	Desarrollo de la interfaz visual	66	22
T3	Desarrollo de la lógica para la interfaz visual	116	20
T4	Desarrollo de la API Rest	152	-
T5	Desarrollo de la interfaz de comunicación OPC	160	-
T6	Pruebas integrales	22	10
T7	Documentación	32	-
T8	Presentaciones al cliente	-	16

## 10. Presupuesto detallado del proyecto

El costo total del proyecto es de 3150 USD.

Categoría	Detalle	Costo
Trabajo Directo	Valor Hora Responsable Proyecto : 640 hs (2 USD/hs)	1208 USD
Costo Directo	HoloLens2	3000 USD
Costo Indirecto	Viaticos:	50 USD
<b>Total</b>		<b>4258 USD</b>

## 11. Matriz de asignación de responsabilidades

Se define la asignación de responsabilidades según las siguientes referencias:

Referencia	Rol
P	Responsabilidad Primaria
S	Responsabilidad Secundaria
A	Aprobación
I	Informado
C	Consultado

Código WBS	Nombre de la tarea	Interesados en el proyecto			
		Responsable Iván Szkrabko	Orientador Leandro Lanzieri	Equipo Guillermo Lamana	Cliente Alejandro Carrasco
T1	Investigación	P	I	I	C
T2	Desarrollo de la interfaz visual	P	C	I	A
T3	Desarrollo de la lógica para la interfaz visual	P	C	I/C	C
T4	Desarrollo de la API Rest	P	C	-	I
T5	Desarrollo de la interfaz de comunicación OPC	P	C	I	C
T6	Pruebas integrales	P	C	I	A
T7	Documentación	P	C	-	I
T8	Presentaciones al cliente	P	I	C	A

## 12. Gestión de riesgos

a) Se identifican los siguientes riesgos que pueden afectar la planificación prevista:

Riesgo 1: Rotura del Hololens2

- Severidad (S): 10. Pone en riesgo la concreción del proyecto dado que no podrá utilizarse la interfaz principal.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 1. La manipulación del equipo se hace con sumo cuidado y de todas formas es un equipo robusto.

Riesgo 2: Las licencias de los *framework* de desarrollo dejan de ser gratuitas.

- Severidad (S): 8. Pone en riesgo la fecha de entrega del proyecto y la planificación, dado que habría que capacitarse en un nuevo *framework* de desarrollo o pagar las licencias, lo cual incrementaría el costo del proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 1. Los *framework* son muy usados en el desarrollo de software y las políticas de las empresas no tienden a ser restrictivas con sus productos.

Riesgo 3: Falla de la comunicación OPC

- Severidad (S): 8. El desarrollo del cliente OPC para comunicarse con el sistema de control no es exitoso y falla la comunicación en esa etapa.

- Probabilidad de ocurrencia (O): 5. Al ser una interfaz compleja de desarrollar y no poseer experiencia previa, el riesgo es mayor junto con la probabilidad de ocurrencia

#### Riesgo 4: Pérdida del repositorio de código

- Severidad (S): 8. Durante el desarrollo de software podría romperse el disco de la máquina y perder el trabajo de varias semanas si no se ha realizado un backup. Esto demoraría el proyecto.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 1. Los discos rígidos no suelen fallar sin una alerta previa, además utilizando GIT es poco probable perder los archivos del servidor.

#### Riesgo 5: Corrupción del *firmware*

- Severidad (S): 10. En caso de corromper el *firmware* durante una actualización o descarga del programa, se pondría en riesgo la concreción completa del proyecto dado que no podrá utilizarse la interfaz principal.
- Probabilidad de ocurrencia (O): 1. Dado que el Hololens2 es un sistema embebido debería poder recuperarse en caso de una falla de programación o actualización de *firmware*.

b) Tabla de gestión de riesgos: Para la tabla de gestión de riesgos, se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 25. El RPN se calcula como  $RPN = S \times O$ .

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Rotura del Hololens2	10	1	10	-	-	-
Las licencias de los <i>framework</i> de desarrollo dejan de ser gratuitas.	8	1	8	-	-	-
Falla de la comunicación OPC	8	5	40	5	2	-
Pérdida del repositorio de código	8	1	8	-	-	-
Corrupción del <i>firmware</i>	10	1	10	-	-	-

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 10

Nota: los valores marcados con (\*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación del riesgo que excede el RPN máximo establecido de 10:

Riesgo 3: Plan de mitigación Nueva asignación de S y O, con su respectiva justificación: - Severidad (S): 5. Dado que se conoce el riesgo de esta implementación se le dedico mas tiempo en el Gantt que el estimado inicialmente, además en ultima instancia se dispone de una persona con experiencia en el ámbito laboral al que se podría consultar eventualmente. - Probabilidad de ocurrencia (O): 2. Tomando ambas medidas en consideración al probabilidad de ocurrencia se reduciría a 2.

### 13. Gestión de la calidad

A continuación se detallan los requerimientos necesarios para mantener la calidad del proyecto:

- Req #1: La interfaz para el operador deberá ser intuitiva Verificación y validación:
  - Verificación  
Se contara la cantidad de clicks para lograr un cometido en la aplicación, se considera simple si el numero es menor a 3 saltos de pantallas.
  - Validación  
Durante las presentaciones al cliente el mismo registrara un informe sobre su experiencia de usuario.
- Req #2: La comunicación con el sistema de control deberá ser menor a 2(dos) segundos Verificación y validación:
  - Verificación  
Se medirá el tiempo luego de clickear en al interfaz visual, para eso se elaborara una lógica dedicada a la medición de tiempos de respuesta logueando los momentos de petición y actualización.
  - Validación  
El cliente podrá experimentar la respuesta durante las presentaciones al mismo.
- Req #3: La comunicación con el sistema de control deberá ser compatible con el protocolo OPC-DA Verificación y validación:
  - Verificación:  
El sistema de control utiliza el protocolo especificado por lo tanto al validar el Req4 estaríamos validando este requerimiento.
  - Validación  
El cliente podrá validar esta funcionalidad al interactuar con el el sistema dado que el los datos a visualizar provendrán del sistema de control.
- Req #4: La comunicación OPC sera bidireccional, permitirá leer y escribir variables del sistema de control. Verificación y validación:
  - Verificación  
Se realizaran pruebas practicas que demuestren las posibilidades de escritura y lectura sobre el sistema de control.
  - Validación  
El cliente podrá validar la funcionalidad directamente al interactuar con el sistema.
- Req #5: El código de la aplicación deberá ser desarrollado bajo un gestor de versiones Verificación y validación:
  - Verificación  
Se deberá disponer de un repositorio GIT con el código fuente de la solución.
  - Validación  
El cliente tendrá acceso al repositorio y podrá analizar el avance a lo largo de la etapas de desarrollo.

## 14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicación	Responsable
Plan de Proyecto	Cliente	Definir el plan de proyecto	Mensual	Reunión online	Iván Szkrabko
Estado de Avance	Cliente, Director de Proyecto	Informar sobre avances, solicitar comentarios o correcciones	Una vez por mes	Reunión online	Iván Szkrabko
Consultas	Cliente, Director de Proyecto, Auspiciante	Alinear el desarrollo con el objetivo del cliente	Mensual	Reunión online	Iván Szkrabko
Avances Funcionales	Cliente, Director de Proyecto, Auspiciante	Informar y recibir feedback	Con cada hito de desarrollo	Reunión online	Iván Szkrabko
Finalización y cierre	Cliente, Director de Proyecto	Presentación publica del proyecto	Fecha Pactada	Reunión presencial	Iván Szkrabko

## 15. Gestión de Compras

El proyecto solo requirió la compra del Hololens2, el mismo ya fue suministrado antes de comenzar el proyecto por lo tanto no hay riesgos asociados a la compra de los materiales necesarios para ejecutar el proyecto.

## 16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto, se establece la frecuencia e indicadores con los que se seguirá su avance y quien será el responsable de dicho seguimiento.

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunicación
1. Investigación	Adopción de los frameworks	Al finalizar la etapa	Iván Szkrabko	Director	Reunión online
2. Desarrollo de la interfaz visual	Porcentaje de finalización de la UI	Durante el desarrollo	Iván Szkrabko	Cliente	Reunión online
3. Desarrollo de la lógica para la interfaz visual	Porcentaje de conexiones al UI implementadas	Durante el desarrollo	Iván Szkrabko	Director	Reunión online
4. Desarrollo de la API Rest	Cantidad de endpoints implementados	Durante el desarrollo	Iván Szkrabko	Director	Reunión online
5. Desarrollo de la interfaz de comunicación OPC	Hitos alcanzados	Durante el desarrollo	Iván Szkrabko	Director	Reunión online
6. Pruebas integrales	Feedbacks del cliente	Durante el desarrollo	Iván Szkrabko	Cliente	Reunión online
7. Documentación	Porcentaje de documentos elaborados	Al finalizar un documento	Iván Szkrabko	Cliente	Reunión online
8. Presentaciones al cliente	Feedbacks del cliente	Durante cada presentación	Iván Szkrabko	Cliente	Reunión online

## 17. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

### 1) Seguimiento del Plan de Proyecto:

- El responsable del proyecto se encargara de verificar la ejecución del proyecto en base al análisis realizado en el plan de proyecto. Para eso se compararan los resultados mensuales del proyecto con el diagrama de Gantt especificado y se analizaran los desvíos. El objetivo es lograr al menos una lección aprendida del proyecto.

### 2) Identificación de las técnicas, procedimientos y problemáticas durante la ejecución del proyecto:

- El responsable del proyecto analizara las problemáticas que surgieron en el proyecto y no habían sido contempladas. Se evaluara como se reacciono al problema y se planteara una solución que podría haber sido mas optima dada la secuencia de eventos posteriores. El objetivo es analizar si la adopción de un procedimiento, podría haber evitado o solucionado el problema mas rápidamente.

### 3) Acto de agradecimiento a los interesados:

- El responsable del proyecto se encargara de comunicar vía mail a todos los interesados el agradecimiento por participar del proyecto, los datos de contacto de todos los interesados y el feedback que surja de los ítems 1 y 2 del proceso de cierre. El objetivo es compartir las lecciones aprendidas al resto del equipo.
- Finalmente se realizará la presentación pública del proyecto, dando paso a la defensa del mismo ante los Jurados.