



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021-CES

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGÍSTER

Título del proyecto:
Realidad aumentada para mantenimiento preventivo del sistema de control del grupo de generación de la central SAYMIRIN
Línea de Investigación:
Ciencias de la ingeniería aplicada a la producción, sociedad y desarrollo sustentable
Campo amplio de conocimiento:
Automatización y control de procesos con aplicaciones en la industria
Autor/a:
Diego Lautaro López Olson
Tutor/a:
Mg. René Ernesto Cortijo Leiva

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, Mg. **René Ernesto Cortijo Leyva** con C.I: **1719010108**, en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **“Realidad aumentada para mantenimiento preventivo del sistema de control del grupo de generación de la central SAYMIRIN”**.

Elaborado por: **Diego Lautaro López Olson**, de C.I: **0302156781**, estudiante de la Maestría: **Electrónica y Automatización**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito 17 de septiembre del 2022

Firma

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	¡Error!	Marcador	no definido.
INFORMACIÓN GENERAL			1
Contextualización del tema			1
Problema de investigación			3
Objetivo general			4
Objetivos específicos			4
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:			5
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO			6
Contextualización general del estado del arte			6
Proceso investigativo metodológico			10
CAPÍTULO II: PROPUESTA			13
Fundamentos teóricos aplicados			13
Introducción			13
Industria 4.0			13
Internet de las cosas			14
Realidad Aumentada			15
Plataformas de realidad aumentada			16
EcoStruxure Augmented Operator Advisor			18
Node-RED			20
Descripción de la propuesta			22
Explicación del aporte			22
Estrategias y/o técnicas			29
Validación de la propuesta			37
Matriz de articulación de la propuesta			38

Análisis de resultados. Presentación y discusión.....	39
CONCLUSIONES.....	42
RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
Referencias	44
ANEXOS.....	46
Se adjunta anexos de programación de la aplicación.....	46
Se anexa validación de la propuesta.	55
Se adjunta manual de usuario básico.....	57

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Datos de los Validadores.</i>	37
Tabla 2 <i>Resultados de la Evaluación.</i>	37
Tabla 3 <i>Matriz articulación de la propuesta.</i>	38
Tabla 4 <i>Resultados del tiempo de mantenimiento.</i>	40

Índice de figuras

Figura 1 <i>Unidades de Saymirin III-IV</i>	2
Figura 2 <i>Realidad aumentada en pantalla gigante</i>	7
Figura 3 <i>Pantalla de realidad aumentada</i>	8
Figura 4 <i>Interfaz de seguridad laboral con AR</i>	9
Figura 5 <i>Orden de trabajo</i>	12
Figura 6 <i>Industria 4.0</i>	14
Figura 7 <i>Industria IoT</i>	15
Figura 8 <i>Visión general de realidad aumentada</i>	16
Figura 9 <i>Realidad aumentada Vuforia</i>	17
Figura 10 <i>Aplicación realidad aumentada de Schneider</i>	18
Figura 11 <i>Aplicación de EcoStruxure AOA</i>	19
Figura 12 <i>Node-RED</i>	21
Figura 13 <i>Ingreso a la aplicación de realidad aumentada</i>	23
Figura 14 <i>Sistema de realidad aumentada Saymirin, área unidad #6</i>	24
Figura 15 <i>Puntos de interés unidad #6</i>	24
Figura 16 <i>Variables y Desencadenadores</i>	25
Figura 17 <i>Procedimiento del mantenimiento Sistema de Control</i>	26
Figura 18 <i>Arranque de Unidad</i>	27
Figura 19 <i>Crear comentarios</i>	27
Figura 20 <i>Procedimientos y comentarios</i>	28
Figura 21 <i>Áreas y enlaces requeridos</i>	30
Figura 22 <i>Variables</i>	31
Figura 23 <i>Desencadenadores</i>	32
Figura 24 <i>Puntos de interés</i>	33
Figura 25 <i>Puntos de interés abiertos</i>	33
Figura 26 <i>Procedimiento del mantenimiento preventivo del Sistema de Control</i>	34
Figura 27 <i>Expertos remotos</i>	35
Figura 28 <i>Proyecto importado</i>	35
Figura 29 <i>Conexión Node-RED</i>	36
Figura 30 <i>Primer tiempo de mantenimiento</i>	39
Figura 31 <i>Segundo tiempo de mantenimiento</i>	40
Figura 32 <i>Programación escena Saymirin</i>	46
Figura 33 <i>Programación variables</i>	47

Figura 34 Programación información Regulador de Velocidad.	48
Figura 35 Programación subescenas tablero PLC.	49
Figura 36 Programación puntos de interés y texto tablero del PLC.	50
Figura 37 Programación variable de temperatura cojinete.	51
Figura 38 Programación procedimiento arranque de unidad.	52
Figura 39 Runtime datos de procedimientos realizados.	53
Figura 40 Runtime datos de notas ingresadas.	54
Figura 41 Evaluación realizada por el ingeniero Marco Ávila.	55
Figura 42 Evaluación realizada por el magister Rolando Zambrano.	55
Figura 43 Evaluación realizada por el ingeniero Roberto Puma.	56
Figura 44 Evaluación realizada por el magister Esteban Reino	56
Figura 45 Aplicación Play Store.	57
Figura 46 Información del Sitio.	57
Figura 47 Interfaz de la aplicación.	58
Figura 48 Selección de área.	58
Figura 49 Puntos de interés.	59
Figura 50 Procedimientos.	59
Figura 51 Inicio procedimiento.	59

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

El tema se contextualiza en el ámbito tecnológico industrial, donde el mantenimiento que se realice sobre los sistemas mecánicos y eléctricos es primordial para mantener una buena disponibilidad de los elementos que componen el sistema, para dicho mantenimiento es necesario contar con procesos de mantenimiento que faciliten de mejor manera un excelente cuidado de los elementos. Para mejorar el mantenimiento de los sistemas de la industria se hace uso de las tecnologías más actuales como puede ser el uso de realidad aumentada, el cual permite superponer datos sobre imágenes captados por la cámara fotográfica, permitiendo acceder a dicha información de manera rápida y en cualquier lugar, mediante un dispositivo móvil, garantizando información real y precisa para el mantenimiento.

Elecaastro empresa referente del Austro, que se dedica a generar energía eléctrica mediante el uso de energías limpias, como es la energía potencial del agua y muy pronto mediante la energía cinética del viento. En la actualidad cuenta con dos centrales hidráulicas, una central térmica (en proceso de cierre) y una central eólica (en proceso de construcción). Las centrales hidroeléctricas son: el complejo hidroeléctrico Machángara ubicado en la provincia del Azuay con una potencia de 39,5MW y el complejo hidroeléctrico Ocaña ubicado en la provincia de Cañar con una potencia de 26MW, toda esta energía se entrega a la red de distribución nacional controlada por la empresa CENACE.

El complejo hidroeléctrico Machángara cuenta con dos centrales en cascada, central Saucay y central Saymirin. En Saymirin contamos con dos casas de máquinas, Saymirin III-IV con 2 unidades de generación de 4MW cada una y Saymirin V con 2 unidades de 3,75MW cada una. Para el mantenimiento de las centrales contamos con un grupo de 12 personas encargadas de la parte mecánica y eléctrica, además de un operador que se encarga de monitorear el funcionamiento de las unidades las 24 horas. Las unidades de generación de 3.75MW son las más nuevas en el complejo, fueron instaladas en el 2014,

son unidades de generación de turbina Pelton con eje vertical, las cuales reciben mantenimientos programados y tiene sistemas de control automatizado mediante sistema SCADA.

Las unidades de Saymirin III-IV son más antiguas, cuentan con dos unidades de generación con turbina tipo Francis de 4MW cada una como se indica en la figura 1. El plan de mantenimiento es sumamente importante, ya que tienen que estar siempre disponibles, sus mantenimientos tienen que ser los adecuados y deben cumplirse en el tiempo establecido, de no cumplir los tiempos la empresa puede ser penalizada con el impago de la disponibilidad, a más de no recibir ganancia por la generación. El grupo encargado de conservar el bienestar de las unidades cuenta con un programa de manteniendo mediante la utilización de un sistema para el mismo, el cual indica cada que tiempo hay que intervenir en las unidades. Además, la empresa tiene un departamento de compras. el cual se encarga de adquirirlos, es un tema difícil el proceso ya que tienen que cumplir con las normas que establece el proceso de compras en empresas públicas.

Figura 1

Unidades de Saymirin III-IV



Problema de investigación

Para realizar la intervención en las unidades en un mantenimiento preventivo o correctivo, la empresa facilitó al personal de mantenimiento encargado un software (SISMAC) donde semanalmente se consulta e imprime las actividades a realizar en esa semana sobre las unidades y sobre todo el complejo hidroeléctrico en general, una persona del grupo de mantenimiento revisa el sistema y emite una orden de trabajo con las actividades a realizar y el tiempo de duración, es una hoja que puede ser impresa u observarse en un dispositivo móvil, si la orden es de un manteniendo complejo el encargado adicionalmente tiene que buscar el informe del procedimiento e imprimirlo, informe realizado por el mismo personal en donde se indica los pasos a seguir para dicho manteniendo, en dicho informe el registro fotográfico no es amplio ya que ocuparía mucho espacio en memoria y al imprimirlo demandaría el uso de mucho papel.

El problema radica en el acceso a la información, es decir si hace falta algún dato no regresar hacia el computador buscar el archivo donde está y luego imprimirlo y de nuevo regresar a la unidad, ya que el software (SISMAC) es de gran tamaño en disco que solo puede ser instalado en computadoras, no en dispositivos móviles, además para cada manteniendo se imprimen hojas las cuales se ensucian o se pierden, lo que genera de nuevo tener que imprimirlas. Adicionalmente si pasamos por un activo que vemos que está con alguna anomalía o queremos saber cuándo fue intervenido o alguna información general, tenemos que ir hacia el computador donde se encuentran esos datos.

Al tener este sistema de manteniendo se genera demoras en actividades inherentes, pueden ocasionar procesos ineficientes, debido a que un operario por no ir a revisar si el procedimiento es el adecuado sea por pereza o por estar con el tiempo encima, ejecute la actividad de una forma errónea. Además, se pueden generar paras innecesarias por el mismo caso de que un operario puede querer intervenir en algún percance en la unidad y al no tener la información acertada en ese momento puede

ocasionar que la máquina salga de línea por mala ejecución, o por pensar que el procedimiento aplicado era el adecuado. Conjuntamente se presenta problemas en la adquisición de repuestos, ya que las personas encargadas en comprar los repuestos materiales o equipos, son personas externas al grupo de mantenimiento, ocasionando en muchas veces la compra fallida de repuestos lo que provoca a veces colocar el repuesto defectuoso, para no perder más generación. Además, permitirá garantizar la seguridad de los trabajadores al momento de intervenir en las unidades, ya que les dirigirá de forma clara y segura para efectuar los trabajos, evitando alguna acción equivocada que pueda generar un peligro contra el operario.

Por lo expuesto se ve necesario implementar un sistema de realidad aumentada que asista en los mantenimientos preventivos y correctivos cuando se interviene en las unidades y para todo el complejo hidroeléctrico en general, ya que este permitirá suplir los inconvenientes mencionados, optimizando tiempos de ejecución de los mantenimientos al tener la información necesaria a la mano, los procedimientos a detalles a realizar en cada mantenimiento, reduciendo pérdidas de recursos en el manteniendo y en las compras de repuestos ya que se tendría una comunicación mejorada con el personal de compras, en donde se le proporcionará la información necesaria para la compra de los requerimientos. Todo esto conlleva a mantener el mayor tiempo disponibles a las unidades que es el objetivo primordial del personal de mantenimiento y por ende de la empresa.

Objetivo general

Desarrollar un sistema de realidad aumentada para mantenimiento preventivo para el control del grupo de generación de la central SAYMIRIN

Objetivos específicos

- Contextualizar la información teórica sobre la aplicación de realidad aumentada en procesos de mantenimiento en el campo industrial.

- Diseñar el sistema de realidad aumentada mediante la plataforma de Schneider Electric para el mantenimiento del sistema de control de velocidad y carga de la unidad número seis de Saymirin III-IV.
- Validar el funcionamiento del sistema de realidad aumentada mediante pruebas en campo.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

El proyecto aporta a la ejecución de nuevas tecnologías en la industria, que las empresas se vayan modernizando y mejorando sus procesos productivos, con la inmersión de tecnologías inteligentes que producen un gran impacto de mejoría en actividades relacionadas con la producción industrial. Se puede lograr un mejor rendimiento de los bienes de la empresa, ya que se tendrá una mejor planificación de mantenimiento y se logrará tener el control de la gran mayoría de los bienes de la empresa.

Los beneficiarios directos serán el equipo de mantenimiento de las centrales hidroeléctricas, ya que tendrán un sistema aplicativo que les permitirá mejorar sus procesos de mantenimiento. Obviamente otro beneficiario será la empresa ya que, al mejorar el proceso de mantenimiento de sus bienes productivos, se reducirán los costos de producción, que a la larga son ganancias muy significativas.

La sociedad también se beneficiará, ya que son los directos consumidores de la energía eléctrica, por lo tanto, tendrán energía eficiente, amigables al ambiente. Además, se les garantizará el suministro de energía constante, ya que se acortarán tiempos de para de unidades, por ende, las unidades estarán con gran porcentaje de disponibilidad, evitando apagones en la ciudad.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Contextualización general del estado del arte

En el estudio que se va a realizar, se abordarán temas relacionados al mantenimiento en centrales de generación eléctrica, además se mencionaron temas de la industria 4.0, las nuevas tecnologías que se quiere implementar en la industria, dicha información la obtendremos de la web, ya que por este medio se pueden encontrar libros, revistas, artículos, tesis anteriores, etc., que ayudarán a definir los distintos conceptos que manejaremos para el mejor entendimiento de la propuesta. Se hará énfasis en lo que la realidad aumentada proporcionada hoy en día en la industria, para de esta forma animar a que las distintas empresas que todavía no quieren dar ese paso a la industria 4.0, lo hagan con una implementación no muy compleja y que ayudará en gran porcentaje a mejorar los rendimientos de sus líneas de producción, y de esa forma no quedar como empresas desactualizadas y puedan seguir en auge.

Hoy en día muchas tecnologías se han ido perfeccionando y otras han sido creadas, para relativamente hacernos más confortable nuestro estilo de vida, de igual forma estas tecnologías se han ido introduciendo en la industria con el fin de mejorar los procesos generando grandes ahorros tanto para las industrias como para el ambiente. De igual forma estas tecnologías se emplean para mejorar los procesos y la mantenibilidad de los equipos.

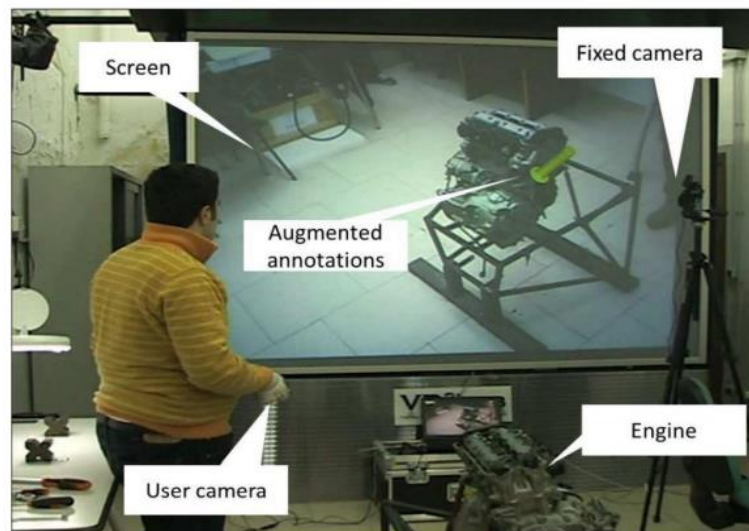
Como antecedentes de empresas que han empezado a utilizar la realidad aumentada dentro de sus procesos productivos tenemos:

En 2014 en Bari-Italia, el departamento de Ingeniería Mecánica, matemáticas y gestión, realiza un estudio con el tema de, Realidad aumentada en pantalla grande para instrucciones de mantenimiento interactivas, básicamente trata de evaluar la eficacia del mantenimiento técnico asistido con instrucciones interactivas de realidad aumentada, poniendo a prueba a un cierto número de técnicos para realizar un manteniendo determina, lo cual lo lograron con una aplicación comercial

proyectada en una pantalla grande y combinando múltiples cámaras. Los resultados obtenidos fueron un aumento en velocidad y una reducción de errores en los técnicos que realizaron las actividades encomendadas, debido a la proyección de imágenes, indicación de procedimientos y utilización de herramientas (Fiorentino y otros, 2014). Este proyecto como se observa en la figura 2, se relaciona básicamente con mejorar el rendimiento de los técnicos de mantenimiento, al momento de efectuar una actividad en la unidad de generación, además da un aporte significativo de utilizar aplicaciones comerciales para efectuar la aplicabilidad de la realidad aumentada.

Figura 2

Realidad aumentada en pantalla gigante.



Nota. Visión de la realidad aumentada. Tomado de *Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions* (pág.270-278), por Fiorentino y otros, 2014, Elsevier.

En 2015 en la Universidad de Morelos México, Cinthya García como proyecto para obtener el título de Magíster en Ciencias Computacionales, se realiza una aplicación de realidad aumentada para el mantenimiento de maquinaria industrial de cinco ejes, donde desarrolla la aplicación móvil y multiplataforma que une tecnologías recientes como librerías de realidad aumentada y motores gráficos.

Se desarrolló aclarando en qué dispositivo se va a ocupar o instalar la aplicación, que la aplicación le permitiera crear una base de datos del fabricante, que tenga una infraestructura de biblioteca de modelos, y que el diseño de modelos 3D sea con número de polígonos bajo e indexación adecuada, utilizó la plataforma de Vuforia SDK para realizar la aplicación. Al final determinó que la aplicación obtenida puede ser mejorada en varios aspectos, pero para propósitos del trabajo tuvo un balance positivo, además el proyecto abrió un panorama para aplicaciones en el entorno industrial (García Escobedo, 2015). Este trabajo tiene relación como se ve en la figura 3, ya que se busca una asistencia en el área de mantenimiento para equipos industriales, ya que existen procedimientos complejos, que son difíciles de mantener en la mente del operario. Da un aporte positivo ya que nos dirige hacia la utilización de aplicaciones comerciales para el propósito del mantenimiento, es decir que no se desarrolle la aplicación sino más bien ya utilicemos aplicaciones del mercado para dicho objetivo.

Figura 3

Pantalla de realidad aumentada

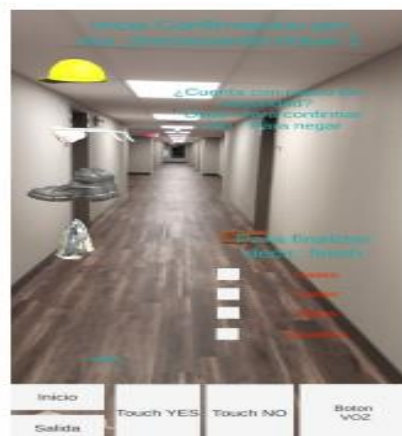


Nota. Pantalla de realidad aumentada. *Tomado de Aplicación de la realidad aumentada al mantenimiento de maquinaria industrial de cinco ejes: una integración tecnológica* (pág.60), por García Escobedo, 2015, Universidad de Montemorelos.

En el año 2021 en la Universidad Militar Nueva Granada Bogotá-Colombia, Germán Cortés para la obtención de su título en Ingeniería Mecatrónica realiza, Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada, donde desarrolla una aplicación basada en realidad aumentada que será implementada en dispositivos móviles que tienen sistema Android, para colaborar al personal encargado del mantenimiento de un motor trifásico de marca Siemens 1LA5. El tema lo resolvió haciendo un análisis de los requerimientos funcionales y técnicos que debe tener la aplicación. Determinó la arquitectura del sistema y realizó la aplicación con la ayuda de una plataforma en este caso Unity 3D. Al final del proyecto determinó que la aplicación desarrollada tuvo falencias como es el zoom para imágenes al igual tuvo inconvenientes con el almacenamiento de la información (Cortés Hernández, 2021). Este proyecto está relacionado como se ve en la figura 4, al tema en cuestión en el ámbito de que brinda un apoyo al equipo de manteniendo al momento de realizar una intervención en un elemento, pieza o conjunto mecánico-eléctrico. El aporte brindado básicamente es en determinar la estructura y cómo empezar el desarrollo de la aplicación, así como de los requerimientos que necesitaremos para dar soporte en el mantenimiento.

Figura 4

Interfaz de seguridad laboral con AR.



Nota. Asistente realidad aumentada. Tomado de Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada (pág.35), por Cortés Hernández, 2021, Universidad Militar Nueva Granada.

De igual forma en el año 2021 en la Universidad Politécnica de Marche en Ancona-Italia, el estudiante de Ingeniería en Informática y Automática realiza un tema de titulación, donde se explica cómo utilizar la realidad aumentada la optimización de las operaciones y el mantenimiento de equipos y sitios industriales de forma remota, es decir que mediante la utilización de un software se brinda asistencia al personal técnico, y este software le brinda asistencia en cuanto a datos técnicos, procedimientos, si necesita comunicarse con alguien que le brinde soporte o si necesita ver el valor de alguna variable. Para lograr la asistencia explica cómo crear el asistente de realidad aumentada con una plataforma comercial que es de Schneider Electric con su EcoStruxure, que le permite superponer información sobre imágenes y brinda asistencia y conexión remota. (POLLONARA, 2022). La relación de este proyecto con el propuesto es el uso de la aplicación de EcoStruxure, donde se desarrollará el sistema de realidad aumentada, además que nos sirve de aporte ya que brinda información detallada de la aplicación de EcoStruxure, que es un punto clave para el desarrollo del tema.

Proceso investigativo metodológico

La investigación se establece en un enfoque cuantitativo, porque pretende reducir tiempos y mejorar la calidad de los mantenimientos que se realizan a los sistemas del cual se compone la unidad de generación. Además, se basa en un tipo de investigación de acuerdo al propósito, en una investigación aplicada, ya que pretende solucionar un problema. Además, es un tipo de investigación no experimental.

Para los métodos teóricos en base a la realidad aumentada, se utilizó la plataforma de búsqueda de Google Académico, ya que cuenta con una gran cantidad de información de buena calidad, como libros, tesis revistas, etc. que satisfacen el marco teórico para el desarrollo de nuestro tema. Para la elección de la plataforma para generar el sistema de realidad aumentada, se analizaron varios puntos que iban desde la creación de una aplicación mediante plataformas como Unity y Vuforia, que permiten generar softwares de realidad aumentada, o hacer uso de una plataforma de uso comercial, que ofrece varias

prestaciones a diferencia de que si se diseñara una, la plataforma comercial satisface las necesidades del proyecto por lo cual se optó por esa opción para el diseño del sistema con realidad aumentada.

En el desarrollo del sistema con realidad aumentada se necesita de la recolección de información acertada sobre la unidad de generación, en cuanto a sus principios de funcionamiento, componentes y mantenimientos que se deben realizar al igual que el procedimiento de los mismos. Para obtener esta información se empezó por realizar la captura de imágenes de los distintos elementos de la unidad, las cuales nos sirven para determinar los distintos pasos del sistema, se recolectó imágenes de toda la unidad, así como también de mantenimientos ya realizados, también se tomó información del sistema SCADA, en donde se encuentran varios parámetros, medidas de variables, condiciones de funcionamiento y demás información que es de gran ayuda para el diseño del sistema. Además, se tomó información de manuales, información de compañeros conocedores del tema al igual que la experiencia propia adquirida en el mantenimiento de centrales.

Como población se utilizarán las distintas máquinas que posee cada una de las centrales de generación de la empresa ELECASUTRO, en cuanto a su funcionamiento, a sus elementos de control. Como muestra nos centramos en una de las centrales en específico en este caso la central SAYMIRIN III-IV, en la unidad #6, en donde aplicaremos el sistema de mantenimiento asistido por realidad aumentada.

Los métodos a utilizar son de análisis de datos, donde se recogerá toda la información de los mantenimientos a los cuales está sometida la unidad, así como también la información de su funcionamiento, además de tiempos en cuanto a procesos de mantenimiento. Debido a que el sistema donde se va aplicar la realidad aumentada para su mantenimiento, tiene mantenimientos esporádicos, es decir se interviene para mantenimiento preventivo cada 24 semanas, y tiene una duración de dos horas según la orden de trabajo. En este caso se va a comprobar con dos intervenciones con la asistencia del

sistema de realidad aumentada, en donde se pretende reducir los tiempos de ejecución del mantenimiento.

En la figura 5, se observa la orden de trabajo en donde, está establecido el tiempo de duración de uno de los mantenimientos preventivos que se le realiza al controlador de velocidad y carga (Regulador de Velocidad), es el tiempo que se pretende mejorar con la asistencia del sistema de realidad aumentada para mantenimiento.

Figura 5
Orden de trabajo.

ELECTRO GENERADORA DEL AUSTRO S.A.			ORDEN DE TRABAJO			No. 15534		
C COSTO 5.0.1.2.03 MANTENIMIENTO DE CENTRALES HIDROELECTRI			FECHA PROG	FECHA INICIO	FECHA FIN			
UBICACION SAY_US-RGV1 REGULACION DE VELOCIDAD			09/02/2022	09/02/2022	09/02/2022			
			PROGRAMADA <input checked="" type="checkbox"/>		DIRECTA <input type="checkbox"/>			
SOLICITA	DCH/SUPER	EJECUTA	DCH/MINTO	PRVDR.				
DESCRIPCION DEL TRABAJO								
Inspección de motores DC y electroválvula								
DATOS ADICIONALES				H.REMISION: 173025Hr				
				HR.EJECUCION:				
TAREAS								
[+] SAY_US-RGV1-MRV001 Revisión de conexiones de la válvula magnética								
[+] SAY_US-RGV1-MRV001 Ajuste de bombas								
[+] SAY_US-RGV1-MRV001 Limpieza y revisión de carbones del motor DC								
PERSONAL REQUERIDO				MATERIALES				
REINO C. ESTEBAN -0237- P[2:0] R[2:0]								
OBSERVACIONES GENERALES				OBSERVACIONES SEGURIDAD				
Emite			Aprueba			Cierra		
09/02/2022			09/02/2022			11/02/2022		
ROLANDO ZAMBRANO 0163			MARCO AVILA 0139			ROLANDO ZAMBRANO 0163		

Nota. Orden de Trabajo. Tomado de *Sistema de Mantenimiento SISMAL*, por SISMAL, 2022, Elecaastro.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

Fundamentos teóricos aplicados

Introducción.

La demanda al consumo energético cada día crece más y más en todos los lugares del mundo, por tal motivo la generación de la misma debe de incrementarse en gran porcentaje, en especial la generación de energía eléctrica limpia, como es el caso de las centrales hidroeléctricas. Debido a la gran demanda estas centrales deben estar siempre disponibles con su mayor capacidad de rendimiento, por tal motivo constantemente el personal técnico encargado del mantenimiento está ideando nuevas estrategias o herramientas que permitan reducir los tiempos del mantenimiento sin disminuir la calidad de los mismos. Una herramienta que gracias a la Industria 4.0 hoy en día está ayudando a mejorar los procesos de mantenimiento es la realidad aumentada. Mediante esta tecnología los técnicos encargados del mantenimiento tendrán una asistencia, con la cual podrán reducir tiempos y mejorar la calidad del manteniendo, ya que este sistema de realidad aumentada permite acceder a información precisa de donde se está efectuando el trabajo, mediante un dispositivo tecnológico el cual, al detectar la área o elemento donde se está interviniendo, suministra la información que está cargada en el mismo, en donde se establecerán procedimientos, herramientas a utilizar, valor de ajuste, datos técnicos, etc.

Industria 4.0

La revolución industrial cuarta o conocida como industria 4.0, “es un concepto nacido en 2012 en Alemania, a raíz de un proyecto de gobierno, asegurando que la tecnología era una excelente base para el cambio” (Scientific, 2020, párrafo primero) donde se determina que la industria 4.0 permite la utilización de la tecnología basada en el internet de la cosas, para mejorar los procesos industriales “permite la colección y análisis de datos entre máquinas, la creación de procesos más rápidos, más flexible

y más eficientes para producir productos de mayor calidad” (Scientific, 2020, párrafo primero), empleando sistemas de recolección de datos y análisis, lecturas instantáneas de variables y demás tecnologías existentes hoy en día, en la figura 6 se observa todas las tecnologías inmersas en la Industria 4.0.

Figura 6

Industria 4.0.



Nota. Reproducido de Los cambios que trae la industria 4.0, por Drew, 2019, Wearedrew.co (<https://blog.wearedrew.co/transformacion-digital/los-cambios-que-trae-la-industria-4.0>)

Internet de las cosas

Una de las tecnologías claves como se indica en la figura 4 en la nueva revolución industrial es el internet de las cosas, como su nombre lo indica es una tecnología donde permite que cada elemento electrónico pueda estar conectado a la red, como lo menciona Scientific, (2020):

El Internet de las cosas es la conexión entre la red de los objetos físicos, entornos, vehículos y máquinas a través de dispositivos electrónicos que permite la recogida y el intercambio de informaciones. En la industria de bienes y servicios, la IoT representa diferentes tecnologías que antes estaban desconectadas y ahora están interconectados a través de una red basada en IP.

Esta es una de las bases del crecimiento digital. Aplicado a la industria 4.0, este concepto pretende que un mayor número de dispositivos se añaden y se conectan por medio de estándares de tecnología, permitiendo que los dispositivos de campo para comunicarse e interactuar unos con otros como controladores más centralizados. (Scientific, 2020, párrafo doceavo).

En la siguiente figura se observa una estructura de cómo actúa el internet de las cosas.

Figura 7

Industria IoT



Nota. Reproducido de *IoT: cuando el Internet de las Cosas llega a la industria - ER-Commerce*, por Pablo Chacon Santana, 2018, ER-Commerce (<https://energiayredes.com/iot/>)

Realidad Aumentada

Otra de las tecnologías que conlleva la industria 4.0 es la realidad aumentada, la misma que nace por los años noventa “cuando la tecnología basada en ordenadores de procesamiento rápido, técnicas de renderizado de gráficos en tiempo real, y sistemas de seguimiento de precisión portables, permiten implementar la combinación de imágenes generadas por ordenador sobre la visión del mundo real” (Basogain y otros, 2007). La realidad aumentada permite superponer temas virtuales en entornos reales es decir “combina dicha información con los objetos del mundo real. - Así, muchos de los diseños que realizan los arquitectos, ingenieros, diseñadores pueden ser visualizados en el mismo lugar físico del

mundo real para donde han sido diseñados” (Basogain y otros, 2007). En la figura 8 se observa cómo el usuario observa mediante una lente el mundo virtual superpuesto sobre el real, de acuerdo a la información cargada en ese entorno y compartida por la nube.

Figura 8

Visión general de realidad aumentada.



Nota. Tomado de *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo* (pág.10), por Fundación Telefónica, 2011, Fundación Telefónica.

Plataformas de realidad aumentada.

Para realizar aplicaciones de realidad aumentada existen muchas plataformas, que permiten desarrollar el entorno que es desde donde se va a mostrar la realidad aumentada, las más conocida es Vuforia la cual utiliza marcadores que son “imágenes registradas en la aplicación que actúan como desencadenantes de información en la aplicación. Cuando la cámara de su dispositivo reconoce estos marcadores en el mundo real, esto activa la visualización del contenido virtual sobre la posición mundial del marcador” (Technologies, Unity, 2018, párrafo quinto). Además, esta plataforma se ayuda de Unity la cual “le permite crear aplicaciones y juegos de visión para Android y iOS utilizando un flujo de trabajo de

creación de arrastrar y soltar” (Technologies, Unity, 2018, párrafo primero), en la siguiente figura se observa una aplicación para mantenimiento creada en Vuforia y Unity.

Figura 9

Realidad aumentada Vuforia.



Nota. Tomado de Vuforia, una plataforma que aplica la realidad aumentada en el mundo industrial | Mundo Contact, por Rafael Ugalde, 2018, Mundocontact.com (<https://mundocontact.com/vuforia-una-plataforma-que-aplica-la-realidad-aumentada-en-el-mundo-industrial/>)

La empresa Schneider Electric permite la implementación de realidad aumentada con su aplicación EcoStruxure Augmented Operator Advisor, a diferencia de Vuforia esta aplicación ya viene con un entorno determinado, es decir en Vuforia, se crea el entorno y la funcionalidad de la aplicación, en cambio Schneider presenta una aplicación con su entorno y prestaciones definidas, en la figura 10 se observa el entorno que presenta la aplicación en campo de Schneider.

Figura 10

Aplicación realidad aumentada de Schneider.



Nota. Tomado de *EcoStruxure™ Augmented Operator Advisor | Schneider Electric Global*, por Schneider Electric, 2021, Se.com (<https://www.se.com/ww/en/product-range/64507-ecostruxure-augmented-operator-advisor/#overview>)

EcoStruxure Augmented Operator Advisor

La plataforma EcoStruxure con su asesor de mantenimiento, coloca información en tiempo real, cuando y donde sea necesario. El asistente “mejora la eficiencia operativa con la realidad aumentada, lo que permite a los operadores superponer los datos actuales y los objetos virtuales en un gabinete, una máquina o una planta” (Electric, 2020, párrafo primero).

Además, permite tener una asistencia remota con un experto, es decir si existiera un problema que solo puede solucionar el fabricante o un técnico especializado que se encuentra muy alejado de la zona e incluso en otro continente, la aplicación permite realizar una llamada, en la cual el operario será asistido, e incluso el especialista puede interactuar en la pantalla del operario (Electric, 2020, párrafo cuarto). En la figura 11 se observa el interfaz de la aplicación de EcoStruxure AOA.

Figura 11

Aplicación de EcoStruxure AOA.



Nota. Tomado de *EcoStruxure™ Augmented Operator Advisor | Schneider Electric Global*, por Schneider Electric, 2021, Se.com (<https://www.se.com/ww/en/product-range/64507-ecostruxure-augmented-operator-advisor/#overview>)

El aplicativo EcoStruxure Augmented Operator Advisor, dentro de su funcionalidad ofrece varias interacciones en su aplicativo las cuales son las siguientes:

Puntos de interés: acceda a una amplia selección de datos en tiempo real de PLC, documentos, imágenes, páginas web, notas, etiquetas y datos de una base de datos SQL. Explore partes ocultas: abra virtualmente un gabinete eléctrico y visualice su interior o acceda a algunas partes ocultas de una máquina. Resaltar valores predeterminados: realice un seguimiento del estado operativo de una máquina con varios colores en la pantalla. Modo de detección: reconoce una escena por etiquetas o imágenes 2D. Congelación de imagen: congela una imagen y continúe trabajando colocando la tableta sobre una mesa para vaciar sus manos. Favoritos: muestra pancartas para obtener información sobre otras escenas. Control de acceso: otorgue diferentes accesos o privilegios, según los perfiles, roles y responsabilidades de los usuarios. Multilingüe: cambie el

idioma de un proyecto sobre la marcha. Multi-OS: descarga la aplicación en tabletas iOS, Android o Windows. Procedimientos - Guíe a un operador paso a paso proporcionando instrucciones en la tableta. (Electric, 2020, párrafo noveno).

Para realizar la implementación del asistente de realidad aumentada, EcoStruxure cuenta con tres plataformas distintas por así llamarlas, las cuales son:

- Software para construir los proyectos, es un software que trabaja en línea, es en donde se crea las escenas necesarias para determinado proyecto, con sus distintos puntos de interés, con los determinados procesos requeridos, donde se crean las variables requeridas para ser leídas en tiempo real (Electric, 2020, párrafo segundo)

- Software de ejecución de los proyectos, es en donde el proyecto creado se va a ejecutar, además es el encargado de conectarse con el nodo de comunicación, para poder leer las variables creadas en la aplicación, en conclusión, es en donde la aplicación móvil se va a conectar remotamente para realizar todas las funciones creadas en el software de construcción. (Electric, 2020, párrafo segundo)

- Aplicación móvil, es la interfaz donde se va a proyectar el sistema de realidad aumentada, con todas las funciones creadas en el software de construcción. (Electric, 2020, párrafo segundo)

Node-RED

Node-RED es una herramienta de programación visual que se implementa en dispositivos controladores de hardware. Trabaja mostrando de manera visual las relaciones y funciones de manera que se pueda programar sin escribir. Es un panel de flow al que se pueden incorporar nodos que se comuniquen entre ellos y puede instalarse en equipos como ordenadores Windows, Linux, o en servidores en la nube. Este sistema de representación puede ayudarte a visualizar

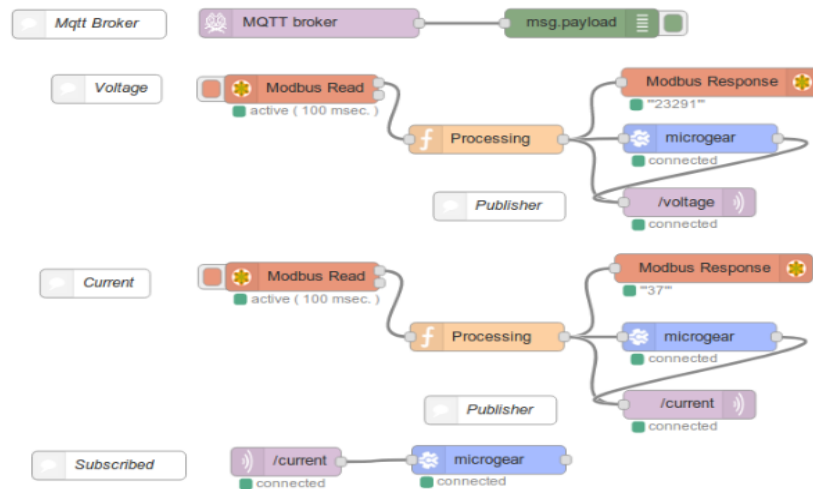
gráficamente el flujo de la información y consiste en su representación gráfica. (Sinelec, Equipo Grupo, 2021, párrafo primero).

Node.RED permite que se realice la comunicación entre el PLC y el servidor, es decir permite establecer o visualizar las salidas del PLC en el interfaz de la aplicación del EcoStruxure, permite leer las variables.

Es una herramienta diseñada para comunicar hardware. De esta manera, se ha convertido en el estándar open-source para procesar datos en tiempo real. Ha conseguido simplificar al máximo los procesos entre los que producen información y los que la consumen para facilitar la programación del lado del servidor, sirviéndose de la programación visual. Es un sistema que permite simplificar la programación, la conectividad y los servicios, distribuyéndolos de forma eficiente. (Sinelec, Equipo Grupo, 2021, párrafo quinto).

Figura 12

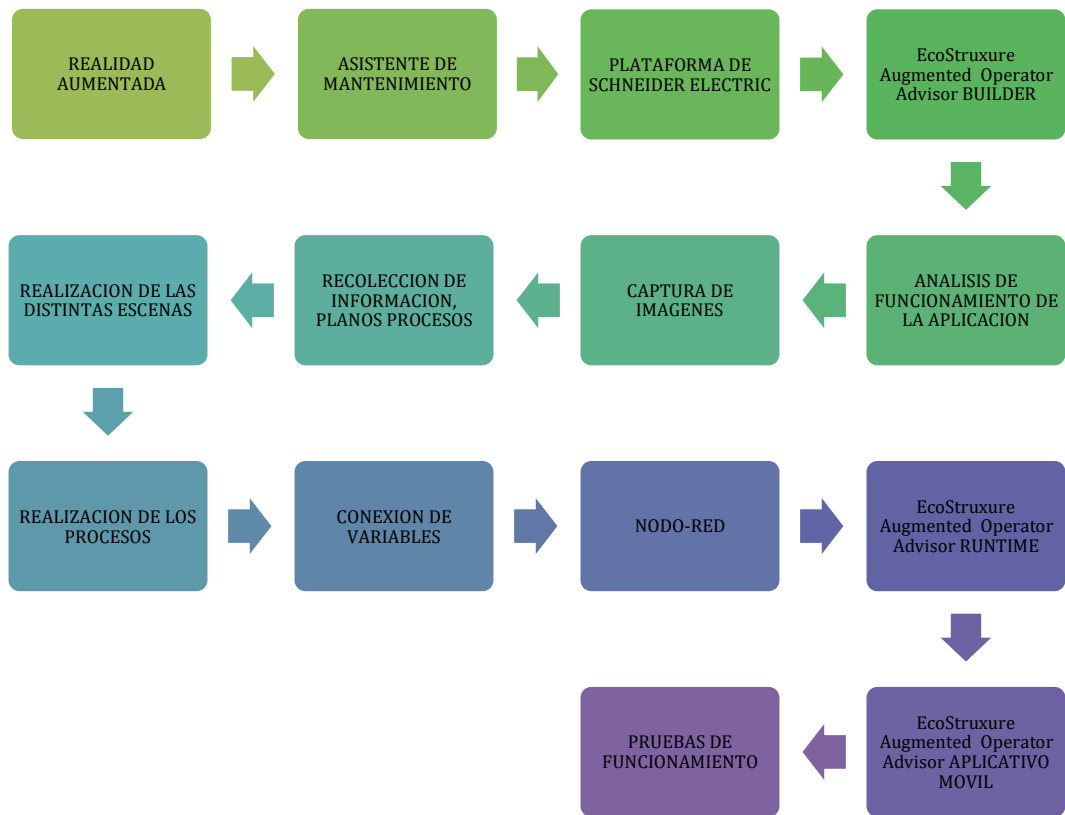
Node-RED.



Nota. Tomado de *Node-RED, la herramienta de programación visual para el Internet of Things*, por admin, 2020, Pickdata.net (https://www.pickdata.net/es/noticias/node-red-programacion-visual-iot?gclid=Cj0KCCQjwI92XBhC7ARIsAHLI9akgl4KNUhj6xfygQ7glbKyP6MXOJ9M14qrho1Rx4UkqnS0n_L5V-7EaAilUEALw_wcB)

Descripción de la propuesta

A continuación, se presenta la estructura general donde se detallan los pasos a tomar para el diseño del sistema de realidad aumentada:

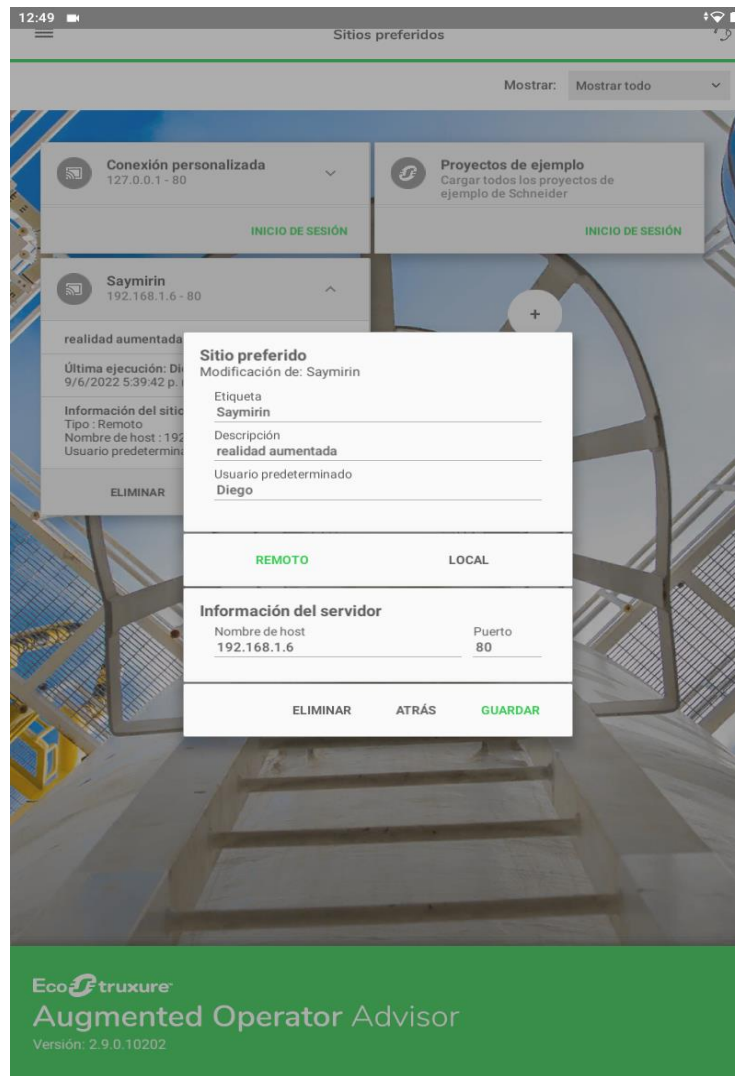


Explicación del aporte

El sistema de realidad aumentada para mantenimiento funciona, al momento que el técnico de mantenimiento descarga la aplicación de EcoStruxure Augmented Operator Advisor de Schneider desde el Play Store y la instala en su dispositivo, posteriormente abre la aplicación espera que se inicie, luego de eso le presentará unas opciones de trabajos cargados, el técnico tiene que dirigirse hacia el signo de añadir (+) como se indica en la figura 13, en donde debe crear un sitio preferido con las características que le indique el creador de las escenas en el software de construcción, en especial con los datos de la conexión con el servidor.

Figura 13

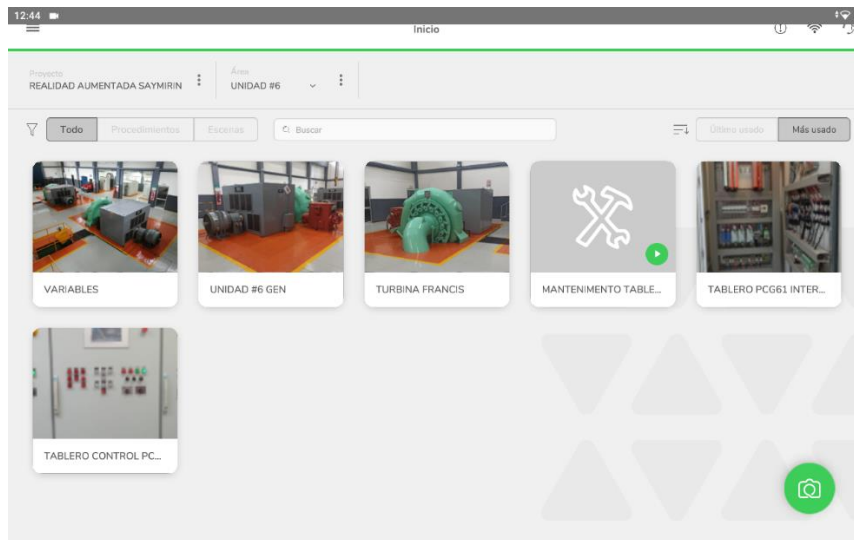
Ingreso a la aplicación de realidad aumentada.



Luego de establecer la conexión remota con el servidor, coloca el usuario y contraseña del proyecto (es el usuario y contraseña que se creó en el Runtime del EcoStruxure) y tiene acceso a la información de todas las áreas, puntos de interés, procedimientos y más de la central Saymirin. En la figura 14 se observa parte de la información cargada en el sistema de realidad aumentada, se tiene que elegir el área en el cual se va a trabajar, ya que la aplicación trabaja por áreas para ir mostrando la información que en cada una de ellas se colocó.

Figura 14

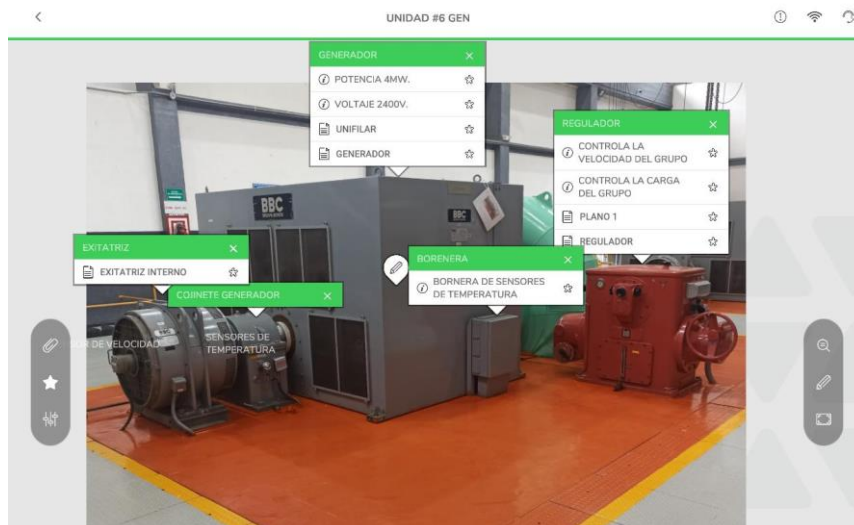
Sistema de realidad aumentada Saymirin, área unidad #6.



La aplicación comienza a trabajar al momento de que el técnico se acerca al grupo de generación, abre la aplicación y apunta con la cámara en este caso al sistema de control de carga y velocidad de la unidad, en ese momento la aplicación le muestra los puntos de interés cargados sobre el regulador. En la figura se observa la información que se cargó en los distintos puntos de interés.

Figura 15

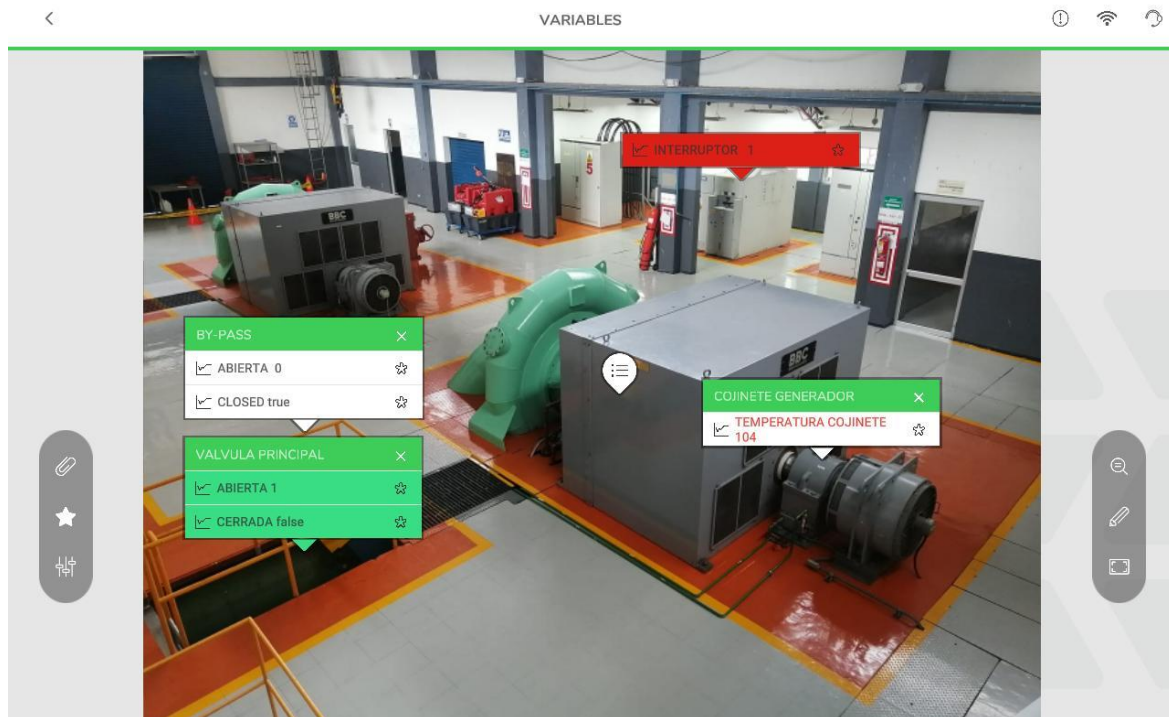
Puntos de interés unidad #6.



Además de observar la información, se puede leer variables en tiempo real, pueden ser estas de temperatura, apertura o cierre de alguna válvula, velocidad, en fin todas las variables que se requieran leer en tiempo real y que el PLC las tenga en su programación, en la figura 16 se observa la lectura de la variables creadas en el sistema de realidad aumentada, en este caso es de la válvula esférica, válvula bypass temperatura del cojinete del generador y cierre del interruptor de grupo, además de visualizar la variables se crearon desencadenadores los cuales permiten cambiar la forma de la lectura o visualización de las variables de acuerdo a los parámetros creados.

Figura 16

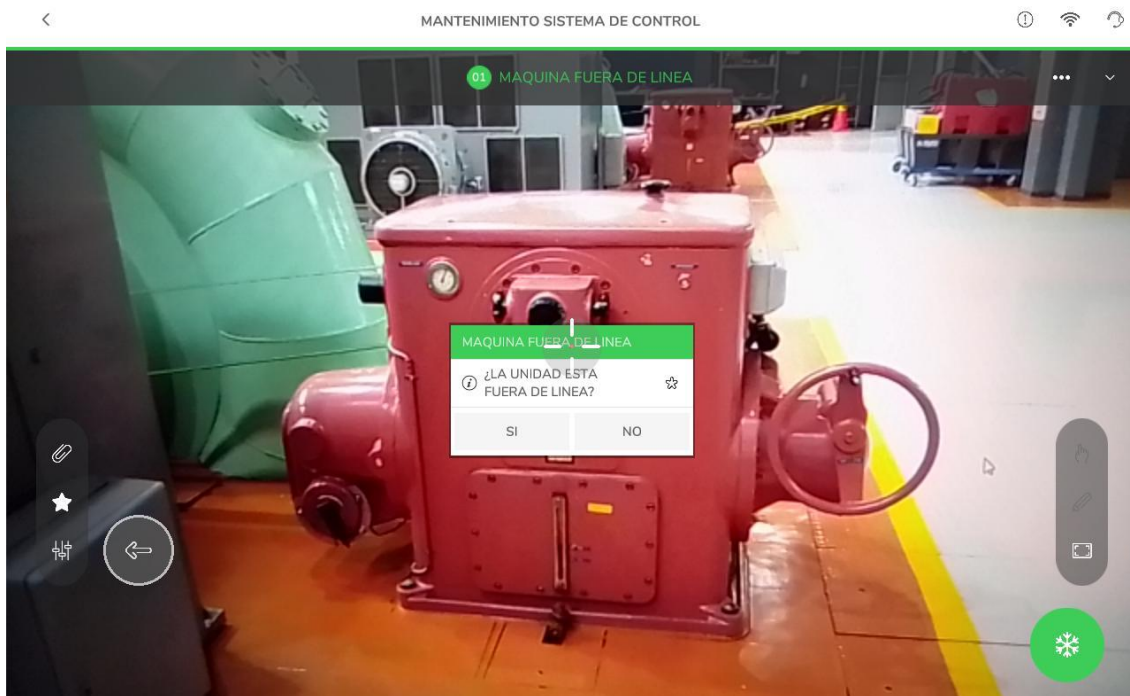
Variables y Desencadenadores.



Posteriormente el técnico abre la opción de procedimientos y selecciona mantenimiento del sistema de control de carga y velocidad, y realiza el mantenimiento de acuerdo a las indicaciones que le vaya dando el aplicativo. En la figura se observa el inicio del procedimiento del mantenimiento preventivo en el Regulador de Velocidad.

Figura 17

Procedimiento del mantenimiento Sistema de Control.

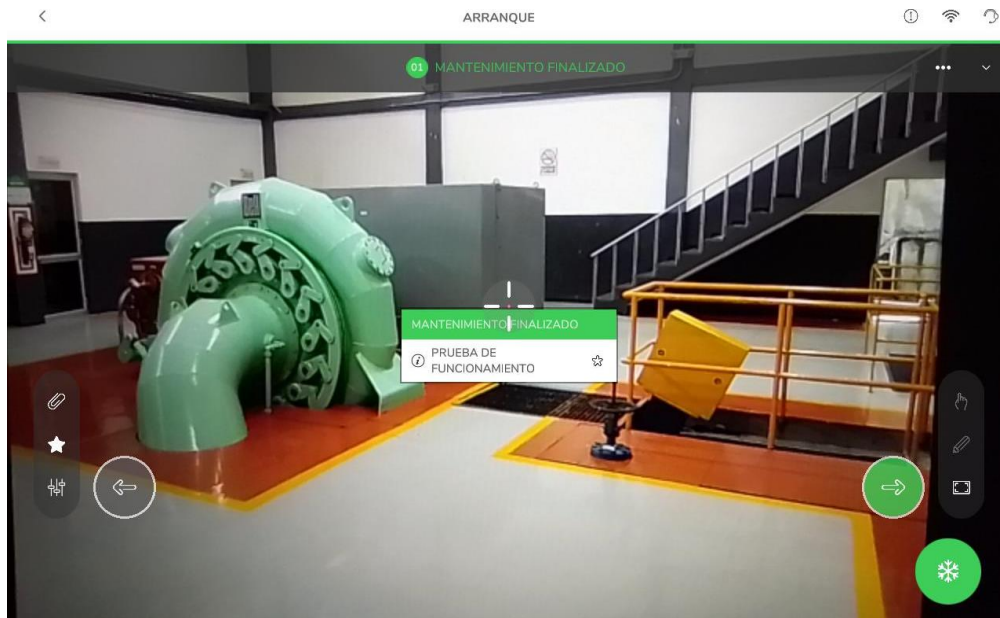


Finalizado el mantenimiento se debe realizar las pruebas de funcionamiento, para lo cual el técnico debe en el aplicativo seleccionar el procedimiento de arranque de unidad y seguir los pasos que le indican, si todo está correcto se declara la unidad disponible.

En la figura 18 se ve el inicio del proceso de arranque de la unidad en modo manual, esto se lo realiza cada vez que se culminó con cualquier tipo de mantenimiento en la unidad, es para observar que la unidad tenga condiciones iniciales y pueda girar sin ningún inconveniente antes de declararla en disponibilidad, garantizando que al momento de ingresar en línea la unidad no presente inconvenientes, este arranque de modo manual se lo realiza en vacío, es decir sin carga, por razones que al hacer un arranque con carga, la unidad tiene que evacuar la potencia por la líneas de alta tensión las mismas que estas conectadas al sistema encargado de la distribución de energía, lo cual no es permitido si solo es para pruebas, el arranque con carga se lo realiza cuando la unidad quedará disponible.

Figura 18

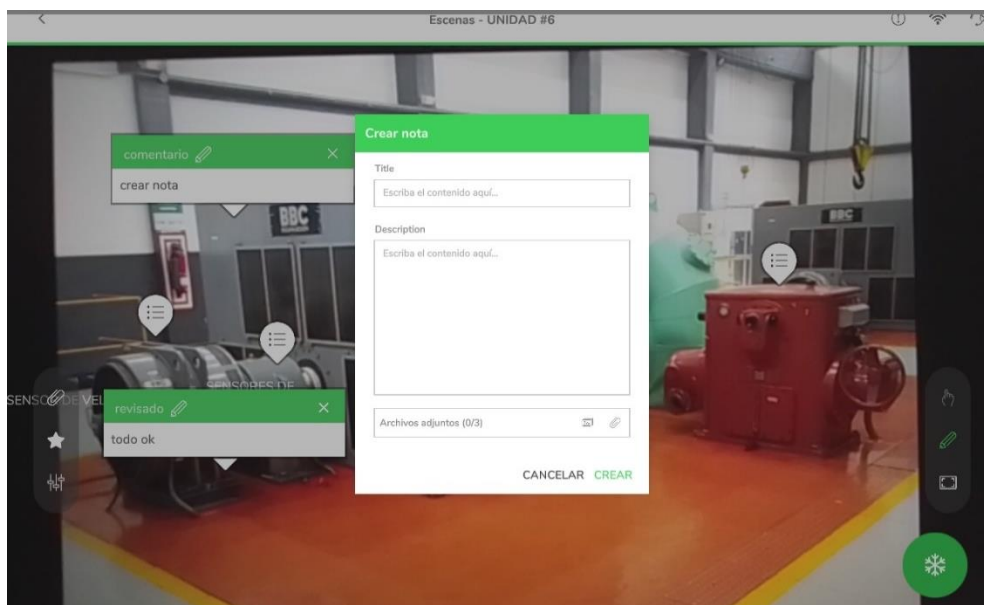
Arranque de Unidad



Se puede ingresar comentarios o novedades de acuerdo alguna eventualidad y se requiere que el técnico que vuelva hacer la inspección sepa sobre dicha eventualidad, como se ve en la figura 19

Figura 19

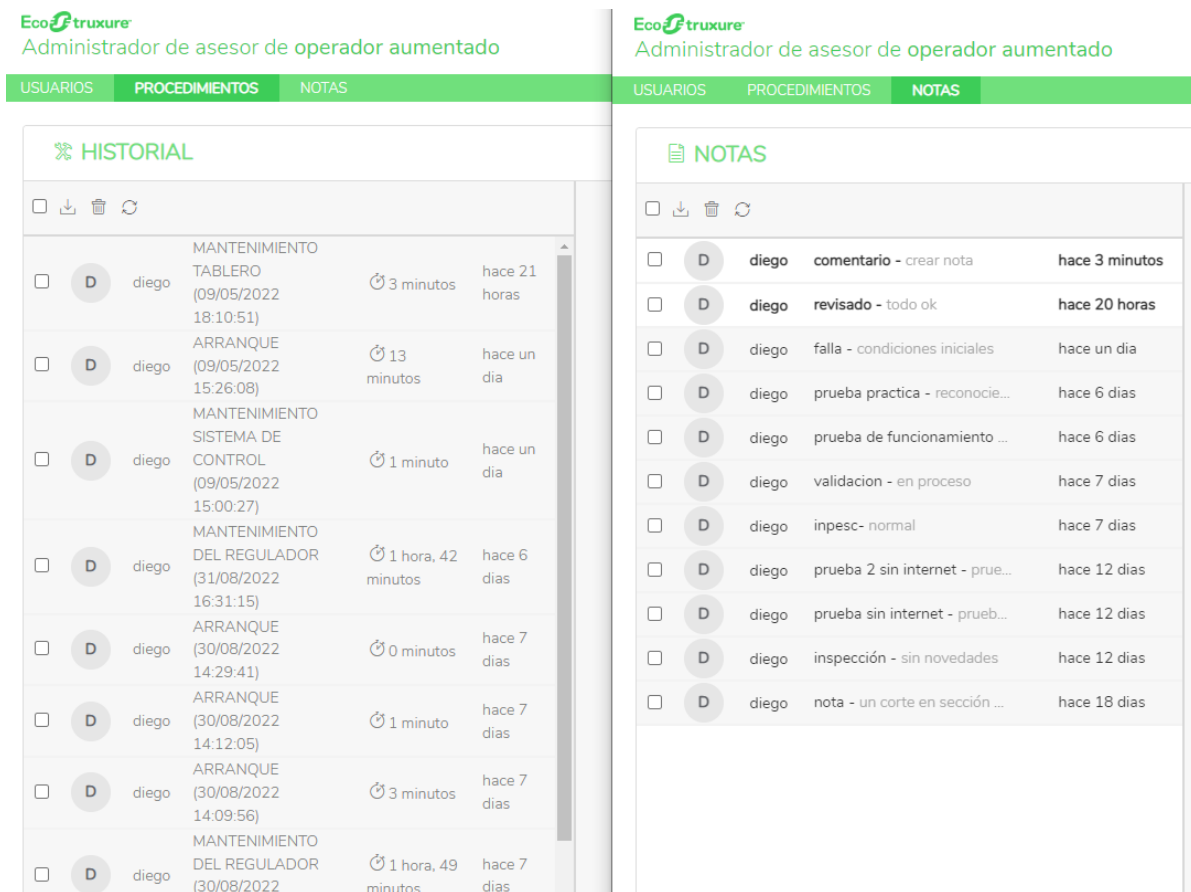
Crear comentarios.



En cuanto a los procesos realizados y a las notas ingresadas, todo queda registrado en el Rutime del EcoStruxure, queda grabada toda nota ingresa con su fecha hora y en la escena que se creó, así mismo los procedimientos realizados quedan guardados con los tiempos de ejecución de cada paso, así como del tiempo en total que tomó realizar el procedimiento. En la figura 20 se observa los procedimientos y comentarios ingresados en el sistema.

Figura 20

Procedimientos y comentarios.



Para la implementación del sistema de realidad aumentada en mantenimiento, se utilizaron recursos como la experiencia laboral en mantenimiento que se posee, el cual es un recurso primordial ya que en base a la experiencia se puede realizar la estructura de cómo debería ser la asistencia de mantenimiento, posteriormente se realizó la recolección de información con captura de imágenes de

todos los elementos que componen al grupo de generación, ya que en base a estas imágenes se determinaron los puntos de interés en la aplicación, es esos puntos es donde se cargó la información revisada sobre las unidad de generación. El último recurso es la aplicación, donde se tuvo que profundizar en su funcionamiento para poder obtener el producto deseado.

Con el sistema de realidad aumentada se pretende dar una asistencia para el grupo de mantenimiento relacionado al mantenimiento preventivo del Regulador de Velocidad de la unidad número 6 de Saymirin III-IV, además de suministrar el acceso a la información rápida en general de la Central Saymirin, en cuanto a datos técnicos, procedimientos y lectura de variables. En cuanto a los procedimientos los técnicos tendrán información de:

- Los equipos de seguridad necesarios
- Herramientas y equipos que debe utilizar
- Materiales a utilizar
- Información respecto al sistema donde se va a dar el mantenimiento
- Procedimientos del mantenimiento
- Procedimientos de las pruebas de funcionamiento luego del mantenimiento.

Estrategias y/o técnicas

Como estrategias adoptadas en el sistema de mantenimiento fueron, primero por determinar la plataforma de realidad aumentada, existen muchas plataformas para crear e implementar procesos de realidad aumentada, para este tema se decidió (por las prestaciones, la utilidad y funcionalidad) utilizar la plataforma comercial de EcoStruxure Augmented Operator Advisor, donde cuenta una interfaz claramente establecida para el mantenimiento industrial. Definida la plataforma se investigó sobre sus

principios de funcionamiento, como realizar el sistema, como ingresar la información y el resto de servicios. Para desarrollar el sistema se crea un usuario en la plataforma de EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder, la plataforma funciona en línea, en el Builder es donde se diseña todo lo relacionado con lo que se quiere observar en la aplicación, es donde se ingresa toda la información, las imágenes los procedimientos enlaces y variables. Se inicia creando las áreas donde se va a trabajar, luego en cada área se va ingresando la distinta información que se desea visualizar, como es el caso de documentos planos imágenes y enlaces de algunas aplicaciones o páginas web que requiera ser abiertas, en la figura 21 se observa que están cargados los distintos enlaces que requieren ser abiertos para visualizar información.

Figura 21

Áreas y enlaces requeridos.

The screenshot shows the EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder interface. At the top, there is a navigation bar with the title 'ÁREAS ESCENAS PROCEDIMIENTOS EXPERTOS REMOTOS'. Below this, there is a sidebar menu with options like 'REALIDAD AUMENTADA...', 'INFORMACION ELECAU...', 'Variables', 'Documentos', 'Aplicaciones externas', 'Escenas', 'UNIDAD #6', 'Variables', 'Documentos', 'Aplicaciones externas', 'Escenas', 'ARRANQUE DE UNIDAD', 'Variables', 'Documentos', 'Aplicaciones externas', and 'Escenas'. The main content area displays a table titled 'APLICACIONES EXTERNAS' with a search bar. The table has columns for 'Nombre', 'Ruta', and a trash icon. The data rows are as follows:

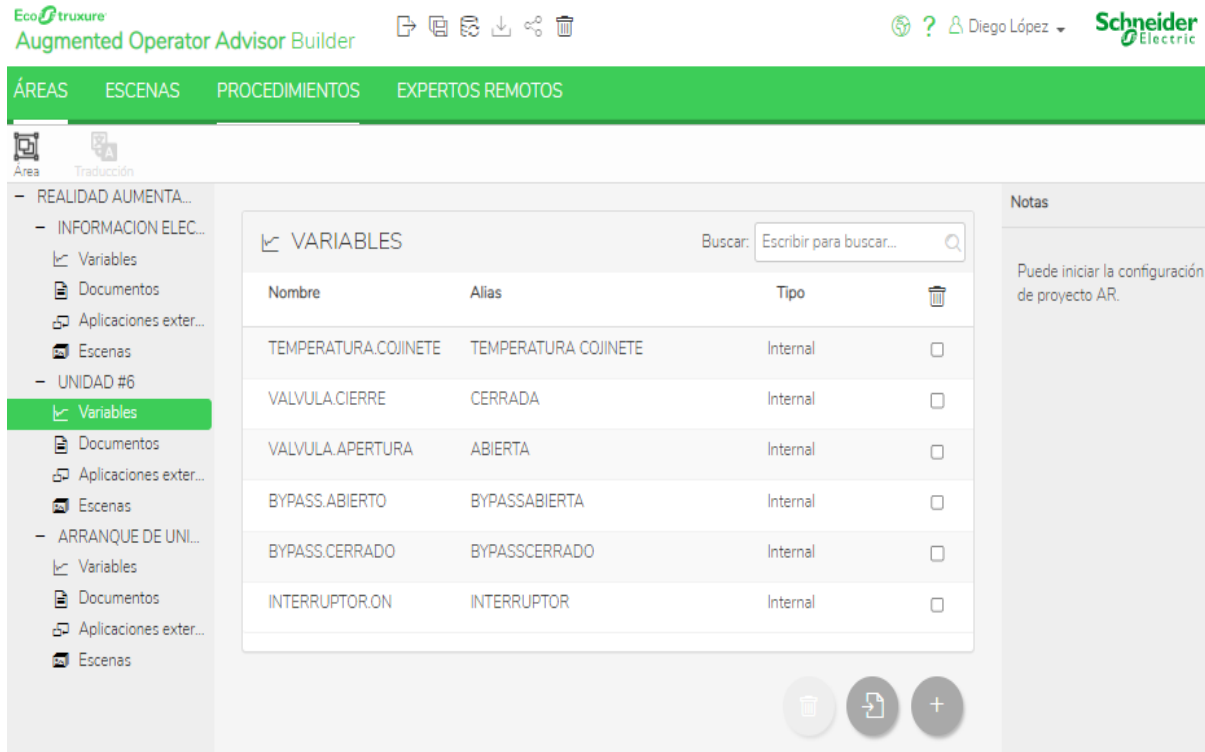
Nombre	Ruta	
ELECAUSTRO YOUTUBE	https://www.youtube.com/watch?v=7WssSfE5V2g	🗑️
ELECAUSTRO PAGINA WEB	https://www.elecaastro.gob.ec/	🗑️
SAYMIRIN PAGINA WEB	https://www.elecaastro.gob.ec/centrales-y-represas/central-hidroelectrica-saymirin/	🗑️
NUBE ELECAUSTRO	192.170.102.240	🗑️
SISMAC ELECAUSTRO	192.170.102.255	🗑️

On the right side, there is a 'Notas' section with the text: 'Puede iniciar la configuración de proyecto AR.' At the bottom right, there are two circular buttons: a trash icon and a plus sign.

Creados y cargados los enlaces, documentos y planos, se crean las variables que se requieren que se visualicen en la aplicación, en la figura 22 se puede ver todos los datos cargados en cuanto a las variables que se necesitan visualizar.

Figura 22

Variables.

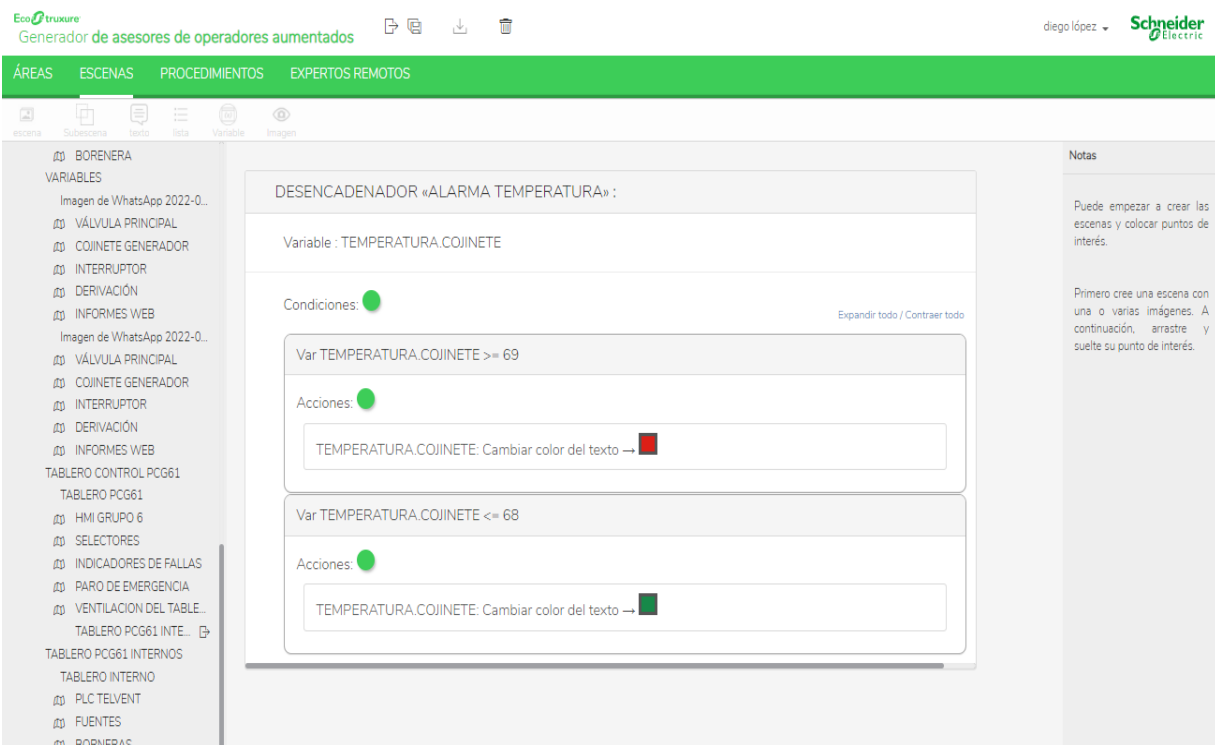


Creadas las variables se crean los desencadenadores, los cuales permitirán dar alertas o avisos del cambio de temperatura o apertura o cierre de algún elemento, etc. pueden ser creados de acuerdo a cada advertencia que requieran, ya que pueden cambiar el color de texto, pueden cambiar el color del fondo, pueden cambiar de texto y hasta pueden hacer que la variable se vea intermitente, todo esto lo realizan de acuerdo al rango que se les coloque, además del valor con el cual van a ser comparados. En la figura 23 se observan los desencadenadores creados para cada una de las variables, se ve que en la variable de temperatura cambiara de color el texto, si esta menor que el rango permitido el color del texto será verde, y si el valor supera límite establecido el color del texto será rojo, de esta manera se

crea una visión con la cual el técnico puede ser alertado de cómo se está comportando la temperatura en este caso del cojinete del generador.

Figura 23

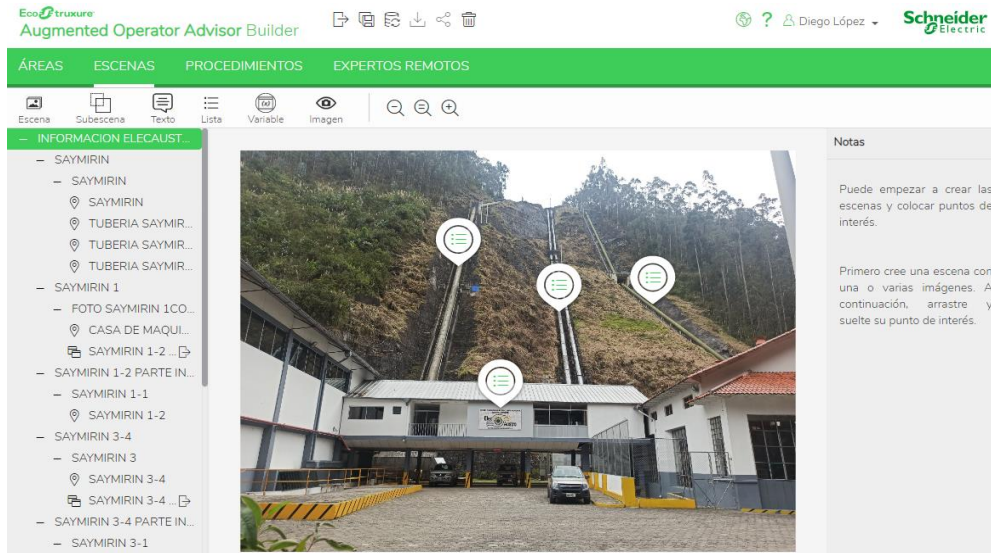
Desencadenadores.



Luego se definen las escenas con sus puntos de interés, es aquí donde se va definiendo qué se debe visualizar en cada punto de interés, se va colocando la información que se subió en las áreas de acuerdo a cada imagen, además se crean las subescenas que son puertas de enlaces para ver una figura superpuesta en otra, en la figura 24 se observan los iconos de los puntos de interés, en la imagen se muestran cuatro puntos de interés, los cuales contienen información referente a dónde señala el icono, en este caso es información referente a las tuberías que conducen el agua, e información en el logo de la empresa Elecaustro.

Figura 24

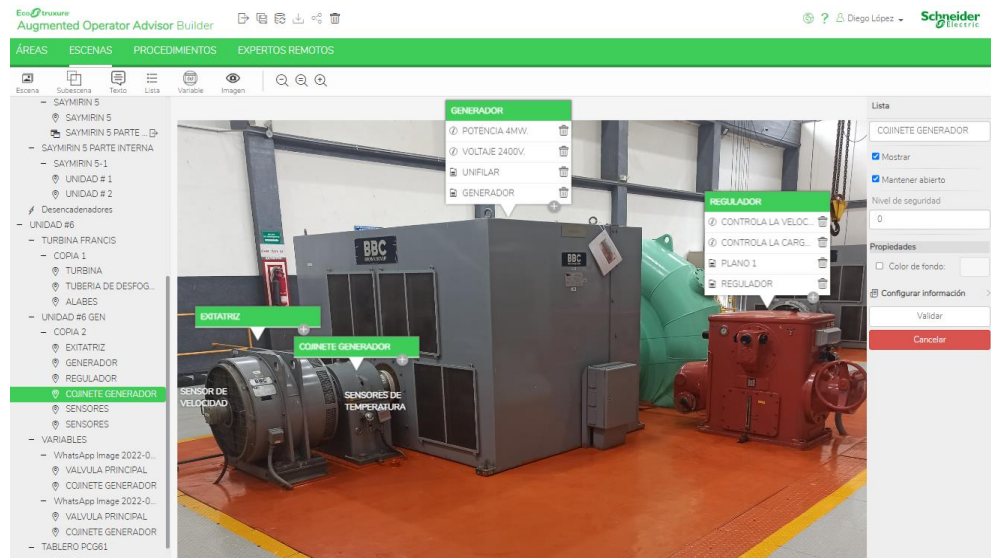
Puntos de interés.



El sistema mostrará toda la información que fue cargada en esa imagen, al momento de pulsar el icono de los puntos de interés, como se observa en la figura 25 siguiente, tenemos los iconos desplazados con toda la información cargados en ellos.

Figura 25

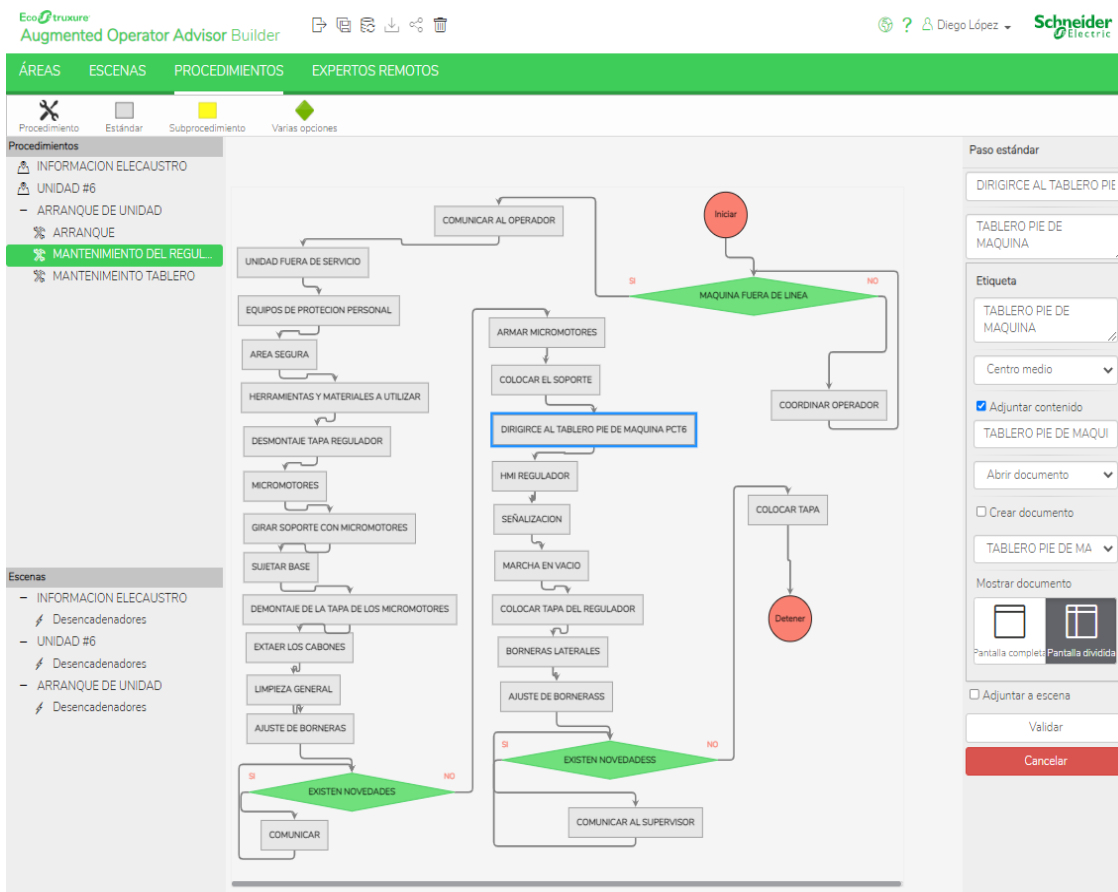
Puntos de interés abiertos.



Posteriormente se realizan los procedimientos que se necesitan que los técnicos de mantenimiento sigan, al momento de intervenir en la unidad de generación, en la figura 26 se observa la estructura o pasos que va a tener los determinados procesos, mismo que tendrán la secuencia establecida en la aplicación.

Figura 26

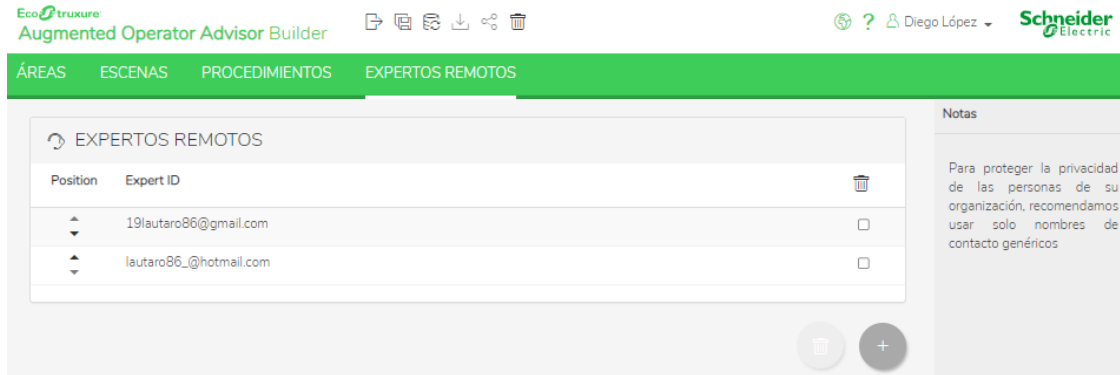
Procedimiento de mantenimiento preventivo del Sistema de Control.



Para la asistencia de expertos, se realiza la creación de los expertos remotos, con la dirección de las cuentas de Microsoft Teams, a esas direcciones se realizarán las llamadas cuando los técnicos necesiten la asistencia como por ejemplo del fabricante, en la figura 27 se observa las direcciones de los expertos remotos.

Figura 27

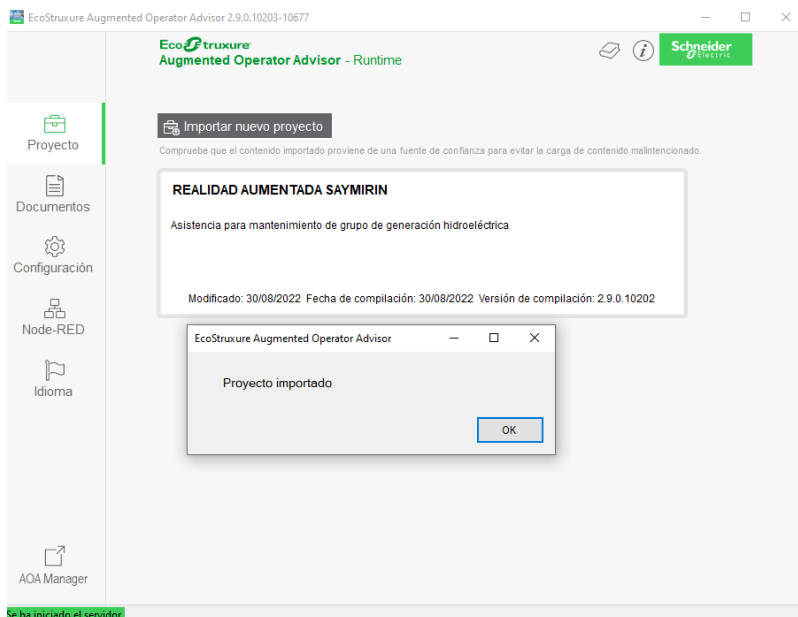
Expertos remotos.



Para la conexión de los dispositivos con la información de la central Saymirin, tenemos que compilar el programa y cargarlo en el EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, el cual hace el trabajo de servidor conjuntamente con la computadora donde es abierto, a más es el encargado de conectar el PLC con el Node-Red y el EcoStruxure para las lecturas de variables. En la figura 28 se observa que el proyecto se importó correctamente.

Figura 28

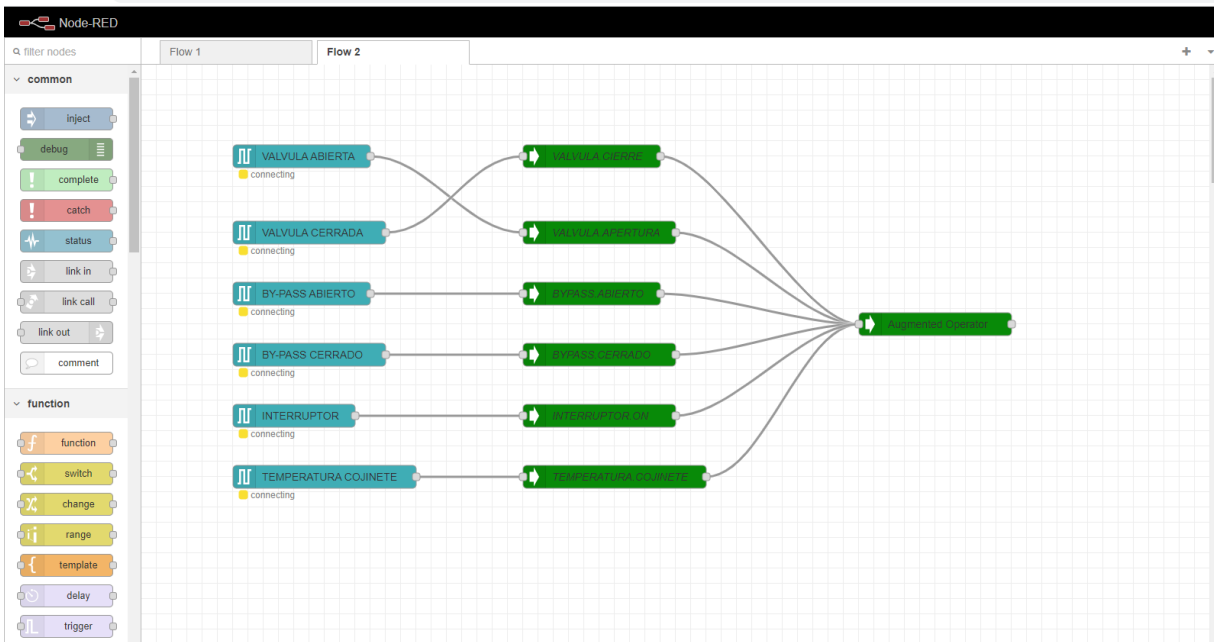
Proyecto importado.



Para establecer la comunicación para la lectura de variables, se utilizó de la plataforma Node-Red, el cual permite tomar las salidas de la programación del Plc, y comunicar hacia el aplicativo de EcoStruxure Augmented Operator Advisor, y de esta manera poder leer las variables que salen del Plc en tiempo real. En la figura 29 se observa la programación en el Node-Red para la lectura de variables.

Figura 29

Conexión Node-RED.



Validación de la propuesta

En la validación para el asistente de mantenimiento, se pidió a compañeros profesionales en el campo, que tienen la instrucción académica y la experiencia profesional necesaria para emitir un criterio profesional. En la tabla 1 se muestran los datos de los profesionales evaluadores.

Tabla 1

Datos de los evaluadores.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Marco Antonio Ávila Larrea	21	Ing. Tecnológico Eléctrico	Supervisor de Centrales
Rolando Agustín Zambrano Jara	19	Magíster en Gestión de Mantenimiento	Auxiliar de Ingeniería
Roberto Carlos Puma Agudo	10	Ing. Mecánico	Mecánico de Generación
Esteban Francisco Reino Cherez	9	Magíster en Electrónica y Automatización	Operador de Centrales

En la mayoría de los criterios de evaluación los validadores estaban totalmente de acuerdo excepto en el criterio de Impacto donde el 50% de los evaluadores está solamente de acuerdo y el 50% restante está totalmente de acuerdo, en la tabla 2 se ven los resultados de evaluación.

Tabla 2

Resultados de la Evaluación.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				50%	50%
Aplicabilidad					100%
Conceptualización					100%
Actualidad					100%
Calidad Técnica					100%
Factibilidad					100%
Pertinencia					100%

Matriz de articulación de la propuesta

Tabla 3

Matriz articulación de la propuesta.

	Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Definición: de mantenimiento, industria 4.0, Internet de las cosas, Realidad aumentada, Vuforia, Unity, EcoStruxure Augmented Operator Advisor, Node-Red	1.1. Toma de decisiones en base a funcionalidades y beneficios. 1.2. Métodos de análisis	Mantenimiento Industria 4.0 Internet de las cosas Comunicaciones inalámbricas EcoStruxure Augmented Operator Advisor Node-Red	Las herramientas son una reacción en cadena, es decir una se deriva de la otra. Estos conceptos se aplicaron ya que en ellos está en sustento del proyecto.
2	Diseño: de aplicación áreas escenas, procedimientos, simulaciones, conexión remota, programación Node-RED, Tia Portal.	2.1. EcoStruxure AOA Builder. 2.2. EcoStruxure AOA Runtime. 2.3. EcoStruxure AOA Aplicación. 2.4. Node-Red 2.5. PLC siemens	Programación EcoStruxure Augmented Operator Advisor, Node-Red, Tia Portal.	La plataforma de EcoStruxure Augmented Operator Advisor relaciona sus plataformas Builder, Runtime y Aplicación, el enlace con node-Red es para leer variables. Se utilizaron ya que de todas ellas depende el sistema de realidad aumentada
3	Implementación: conexión remota, cableado Plc-servidor, enlace Node-Red, aplicación, bases de datos	3.1. Cable de Red 3.2. Fuente de alimentación. 3.3. Conexión Remota 3.4. Node.js command prompt 3.5. Direccionamiento IP 3.6. Historial de actividades	Cableado estructurado Instalaciones eléctricas industriales Sistemas de comunicaciones Desarrollo de bases de datos Protocolos de comunicación	Se relacionan para el conexionado remoto, y se utilizaron para poder leer variables de plc subir a la nube y poder comunicar al aplicativo.

Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Los resultados que se obtuvieron, se los comparó con mantenimientos anteriores donde, el mantenimiento de micromotores según la orden de trabajo figura 5, obtenida del programa de mantenimiento, tiene una duración de 2 horas.

Con la asistencia de realidad aumentada se realizó un primer procedimiento donde el mantenimiento tuvo una duración de 1h49, de acuerdo a los datos que se obtienen del EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, claramente se observa la reducción del tiempo de duración que toma realizar el mantenimiento. En la figura 30, se indica el tiempo que duró el procedimiento.

Figura 30

Primer tiempo de mantenimiento.

The screenshot displays the EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime interface. At the top, there are logos for EcoStruxure and Schneider Electric, along with the text 'Administración de asesor de operador aumentado'. Below the logos is a navigation bar with 'USUARIOS', 'PROCEDIMIENTOS', and 'NOTAS'. The main content is divided into two sections: a 'HISTORIAL' table and a detailed view of a specific maintenance task.

HISTORIAL Table:

Acción	Usuario	Descripción	Duración	Fecha
<input type="checkbox"/>	diego	MANTENIMIENTO TABLERO (09/05/2022 18:10:51)	3 minutos	hace un día
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (09/05/2022 15:26:08)	13 minutos	hace un día
<input type="checkbox"/>	diego	MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL (09/05/2022 15:00:27)	1 minuto	hace un día
<input type="checkbox"/>	diego	MANTENIMIENTO DEL REGULADOR (31/08/2022 16:31:15)	1 hora, 42 minutos	hace 6 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (30/08/2022 14:29:41)	0 minutos	hace 7 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (30/08/2022 14:12:05)	1 minuto	hace 7 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (30/08/2022 14:09:56)	3 minutos	hace 7 días
<input checked="" type="checkbox"/>	diego	MANTENIMIENTO DEL REGULADOR (30/08/2022 12:45:46)	1 hora, 49 minutos	hace 7 días
<input type="checkbox"/>	diego	MANTENIMIENTO DEL REGULADOR (29/08/2022 23:10:09)	13 minutos	hace 8 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (29/08/2022 15:26:38)	6 minutos	hace 8 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (24/08/2022 21:18:56)	2 minutos	hace 13 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (20/08/2022 1:59:12)	2 minutos	hace 18 días
<input type="checkbox"/>	diego	ARRANQUE (19/08/2022 16:57:00)	1 minuto	hace 18 días

Detalle del procedimiento: MANTENIMIENTO DEL REGULADOR (30/08/2022 12:45:46)

Usuario: diego | Fecha: 30 de ago de 2022 12:45 (hace 7 días)

Fecha inicial: 30/08/2022, 10:56:55
 Fecha final: 30/08/2022, 12:45:46
 Duración: 1 hora, 49 minutos
 Proyecto: REALIDAD AUMENTADA SAYMIRIN
 Área: ARRANQUE DE UNIDAD

PRINCIPIO

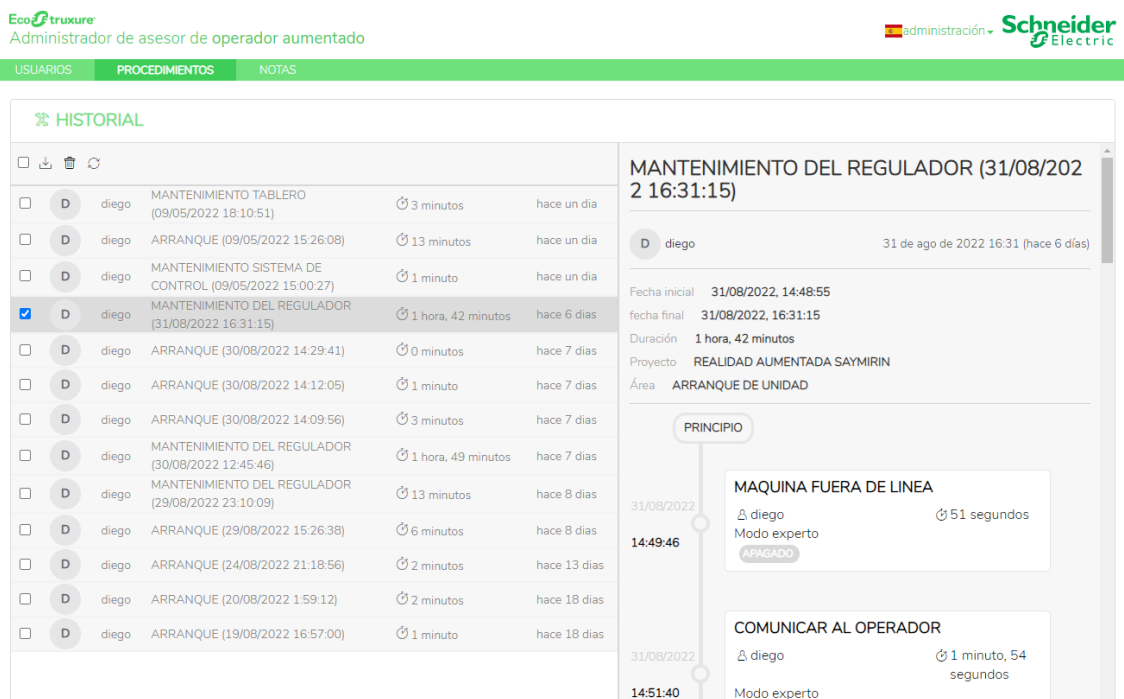
- 30/08/2022 10:57:05: MAQUINA FUERA DE LINEA (diego, 10 segundos, Modo experto, APAGADO)
- 30/08/2022 10:58:36: COMUNICAR AL OPERADOR (diego, 1 minuto, 31 segundos, Modo experto, APAGADO)

UNIDAD FUERA DE SERVICIO

Se realizó un segundo procedimiento de mantenimiento del sistema de control, donde el mantenimiento tuvo una duración de 1h42, de acuerdo a los datos que se obtienen del EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, nuevamente se observa la reducción de tiempo en el proceso de mantenimiento con la asistencia de realidad aumentada. En la figura 31 se observa el tiempo que duró el segundo procedimiento.

Figura 31

Segundo tiempo de mantenimiento.



Los resultados los simplificamos en la tabla 4, donde se ve reducido en un 12,5% el tiempo de mantenimiento con la asistencia de realidad aumentada.

Tabla 4

Resultados del tiempo de mantenimiento.

Mantenimiento	TIEMPO DE DURACIÓN			
Sistema de control Regulador de velocidad	Orden de trabajo	Primer procedimiento	Segundo procedimiento	Promedio
	2H	1H49	1H42	1H45
El tiempo de mantenimiento se redujo según la orden de trabajo en:				12,5%

Además, se obtiene un rápido y fácil acceso a la información en el sitio, ya no se tiene que dirigir hacia el computador o hacia manuales a consultar algún dato de la unidad o componente en estudio.

Incluso se puede saber quién intervino en el sistema la última vez y si dejó algún comentario que es necesario saber para el siguiente mantenimiento, como se observa en la figura, están los comentarios con fechas y el nombre de la persona que lo realizó, además estos comentarios se los pueden hacer así los equipos estén sin conexión a internet, es decir se puede ingresar los datos al momento de no tener conexión, igual se guardan y cuando ya exista conexión se cargan al servidor.

En comparación con los antecedentes, se logró tener un sistema más dinámico, al utilizar la plataforma de Schneider, se amplió el campo de información, por ende, se tuvo un sistema que realmente presta una asistencia para los distintos mantenimientos, incluso se puede cargar información de mantenimientos más grandes como es el cambio de un rodete de turbina, el arreglo de válvulas principales el mantenimiento de un generador, etc.

Se tuvo inconvenientes con la conexión de un experto remoto, no se logró establecer la asistencia debido a un problema con la licencia de Teams y conexión con Dynamics 365 Remote Assist, por tal motivo se declara como un problema no resuelto, lo que se recomienda en próximos estudios analizar a fondo el conexionado de la llamada en la aplicación de EcoStruxure, para poder determinar el proceso de comunicación.

CONCLUSIONES

El sistema de realidad aumentada para mantenimiento es realmente novedoso, es un plus positivo para las actividades diarias de manteniendo en la industria, permite obtener información en sitio básicamente del elemento o lugar en cuestión, permite tener una visión amplia de cada componente en este caso de la central Saymirin, agiliza procesos ya que permite tener los procedimientos claros y dinámicos de distintas actividades, mantiene registros de comentarios o procedimientos anteriores lo cual es muy importante, ya que por lo general alguna información de un mantenimiento a otro, se olvida o no se acuerda donde lo coloco.

La información relaciona a la industria 4.0 es abundante, es un tema muy desarrollado en otros países, pero básicamente son conceptos sencillos de entender, y que claramente pueden ser incorporados a nuestra industria, claro está que el reto más grande que se tienen que suplir las industrias es la conectividad a internet y la rapidez con la que esta trabaje, ya que de esto depende el éxito de estas nuevas tecnologías, porque de la conectividad depende las grandes funcionalidades que poseen las tecnologías de la industria 4.0.

El diseño del sistema de realidad aumentada, mediante la plataforma EcoStruxure Augmented Operator Advisor, realmente es muy didáctica y fácil de entender, permite cargar todo tipo de información, y tener una relación clara de cada punto de interés, fue una elección acertada, ya que si se realizaba en diseño de una aplicación como es el caso de Vuforia, el resultado hubiese sido una aplicación sencilla y básica, en donde no se hubiese podido explotar lo que realmente debe ser una asistente de mantenimiento con realidad aumenta.

Realmente el sistema de realidad aumentada es funcional, no es solo un sistema para mantenimiento, también puede ser utilizado por distintas áreas con entornos distintos, por distintas personas que quieran conocer sobre otras áreas de la producción y en el campo industrial es la herramienta perfecta para asistencia.

RECOMENDACIONES

Tener en cuenta al momento de realizar las tomas de imágenes de los distintos sistemas o donde se vaya a crear los puntos de interés, con la iluminación o el ángulo de proyección, ya que si la imagen no es capturada con una buena luz se tiene inconvenientes al momento de enfocar la cámara hacia el elemento o sistema, por lo que la aplicación cuando esté en funcionamiento no logra reconocer la imagen por lo que no podrá o no mostrara los puntos de interés cargados.

También tener en cuenta con la dimensión de las fotos, el tamaño o en la forma que se las tomo, es decir que todas las fotos deben tomarse con la misma dimensión en ancho y alto, en especial cuando se crean subescenas, ya que la diferencia de tamaños entre las escenas y la subescenas no concuerdan, quedando las subescenas desfasadas de las escenas.

Se recomienda profundizar en el tema de la asistencia de un experto remoto, ya que la misma es de gran ayuda para el mantenimiento, porque varias veces en el campo de la industria se presentan nuevos problemas que a veces la experiencia no nos ayuda y hay que recurrir al fabricante o experto en el tema, para que emita un criterio o a su vez indique la forma o método adecuado para solucionar los nuevos problemas.

Se recomienda manejar etiquetas para la toma de información, ya que con las imágenes es complejo debido al ángulo o la luz con la que fue tomada la imagen base.

REFERENCIAS

Referencias

- admin. (11 de 5 de 2020). *Node-RED, la herramienta de programación visual para el Internet of Things*. Pickdata.net: https://www.pickdata.net/es/noticias/node-red-programacion-visual-iot?gclid=Cj0KCQjwl92XBhC7ARIsAHLI9akgl4KNUhj6xfygQ7glbKyP6MXOJ9M14qrho1Rx4UkqnS0n_L5V-7EaAilUEALw_wcB
- Bárzaga Martell, L., Mompie Paneque, R., & Valdés Cuesta, B. (2016). Sistemas SCADA para la automatización de los procesos productivos del CIGB. *RIELAC*, 20-37.
- Basogain, X., Olabe, M., Espinosa, K., Rouèche, C., & Olabe, J. (2007). *Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente*. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU.: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36849026/6CFJNSalrt-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1661917827&Signature=SAwg6gge3xs6d-7zbBwKKqGEXBAXZMzsnj5HKM~KYEjXa~Dcslc3wadxUhinDhKjtEjkhU4~fpLHOyzponoqsYYfSngIT8Hn9E1OhsA8wyO999OE2WuBHCvsjGnAEiNCVN2dlaZw2YXMMtIAe>
- Cortés Hernández, G. (2021). *Asistente de mantenimiento de maquinaria industrial con realidad aumentada*[Tesis de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39265/CortesHernandezGermanDavid2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Docplayer.es. (01 de 01 de 2016). *Creación de aplicaciones de realidad Aumentada con Unity y Vuforia - PDF Free Download*. Creación de aplicaciones de realidad Aumentada con Unity y Vuforia - PDF Free Download: <https://docplayer.es/79508352-Creacion-de-aplicaciones-de-realidad-aumentada-con-unity-y-vuforia.html>
- Drew. (29 de 11 de 2019). *Los cambios que trae la industria 4.0*. Wearedrew.co: <https://blog.wearedrew.co/transformacion-digital/los-cambios-que-trae-la-industria-4.0>
- Electric, S. (01 de 01 de 2020). *EcoStruxure: IoT – Internet of Things*. @SchneiderElec: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/overview.jsp>
- Florentino, M., Uva, A., Gattullo, M., Debernardis, S., & Monno, G. (2014). Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. *Computers in Industry*, 65(2), 270-278.
- Fundación Telefónica. (2011). *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*. Fundación Telefónica, 2011.
- García Escobedo, C. (2015). *Aplicación de la realidad aumentada al mantenimiento de maquinaria industrial de cinco ejes: una integración tecnológica* [Tesis de Maestría, Universidad de Morelia]. <https://dspace.um.edu.mx/bitstream/handle/20.500.11972/541/Tesis%20Cinthya%20Karely%20Garc%C3%ADa%20Escobedo.pdf?sequence=1>.
- García, S. (2017). *El impacto del Internet de las cosas en la industria*. TEDEAR: <http://www.tedear.com.ar/2017/08/03/el-impacto-del-internet-de-las-cosas/>

- Guijarro, L. Z. (21 de 1 de 2013). *La app de realidad aumentada de McDonald's*. ComputerHoy:
<https://computerhoy.com/noticias/apps/app-realidad-aumentada-mcdonalds-2839>
- Navarro Elola, L., Pastor, A., & Tejedor y Mugaburu Lacabrera, J. (1997). *Gestión integral de mantenimiento*. Marcombo.
- Olarte, W., Botero, M., & Cañon, B. (2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et technica*, 16(44), 354-356.
- Patton, J. D. (1955). *Preventive Maintenance*. Instrumentation Systems.
- POLLONARA, L. (2022). *Realtà aumentata per ottimizzare funzionamento e manutenzione di siti industriali*[Tesis de ingeniería, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE].
https://tesi.univpm.it/bitstream/20.500.12075/8129/1/tesi_Pollonara_A.pdf.
- portaltic. (17 de 3 de 2017). *La 'app' de Sephora introduce una función de realidad aumentada para probar maquillaje desde el móvil*. europapress.es:
<https://www.europapress.es/portaltic/software/noticia-app-sephora-introduce-funcion-realidad-aumentada-probar-maquillaje-movil-20170317165741.html>
- Sacritán, F. R. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la empresa*. FC Editorial.
- Scientific. (21 de 1 de 2020). *Conoce las bases tecnológicas y digitales de la industria 4.0*. ESSS:
<https://www.esss.co/es/blog/los-pilares-de-la-industria-4-0/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20se%20llama%20la%20cuarta,todo%20el%20mundo>
- Services, W. B. (22 de 7 de 2019). *Realidad aumentada para hacer coches mejores y otras ideas innovadoras que transforman el sector del motor*. Innovación Volvo - Xataka:
<https://innovacionvolvo.xataka.com/realidad-aumentada-para-hacer-coches-mejores-otras-ideas-innovadoras-que-transforman-sector-motor/>
- Sinelec, Equipo Grupo. (4 de 2 de 2021). *¿Qué es Node-RED y para qué sirve? | Grupo Sinelec*. Grupo Sinelec: <https://blog.gruposinelec.com/actualidad/que-es-node-red-y-para-que-sirve/>
- Technologies, Unity. (01 de 01 de 2018). *Vuforia - Unity Manual*. Unity3d.com:
<https://docs.unity3d.com/es/2018.4/Manual/vuforia-sdk-overview.html>

ANEXOS

Se adjunta anexos de programación de la aplicación.

Figura 32

Programación escena Saymirin.



Figura 33

Programación variables.

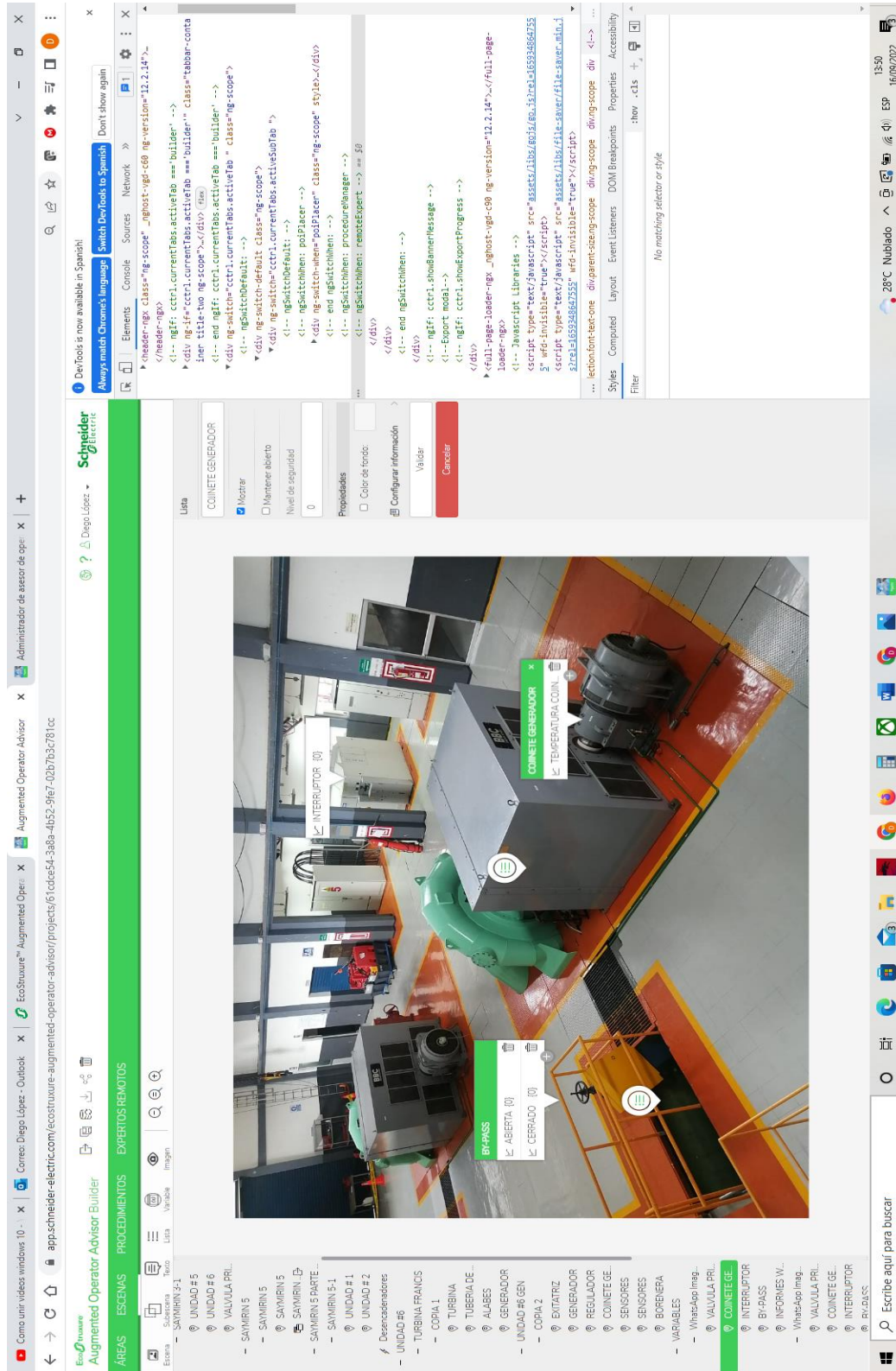


Figura 34

Programación información Regulador de Velocidad.

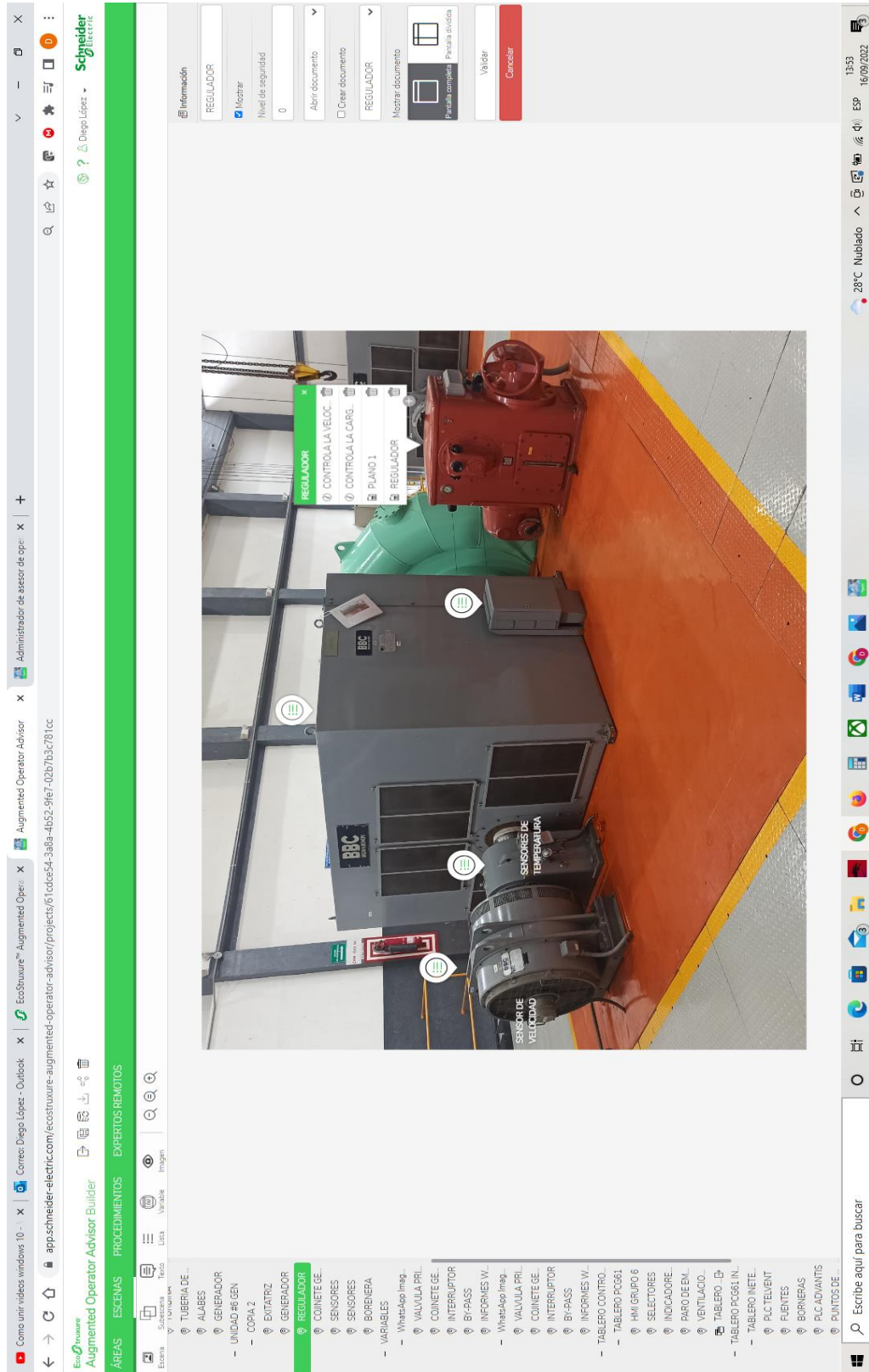


Figura 35

Programación subescenas tablero PLC.

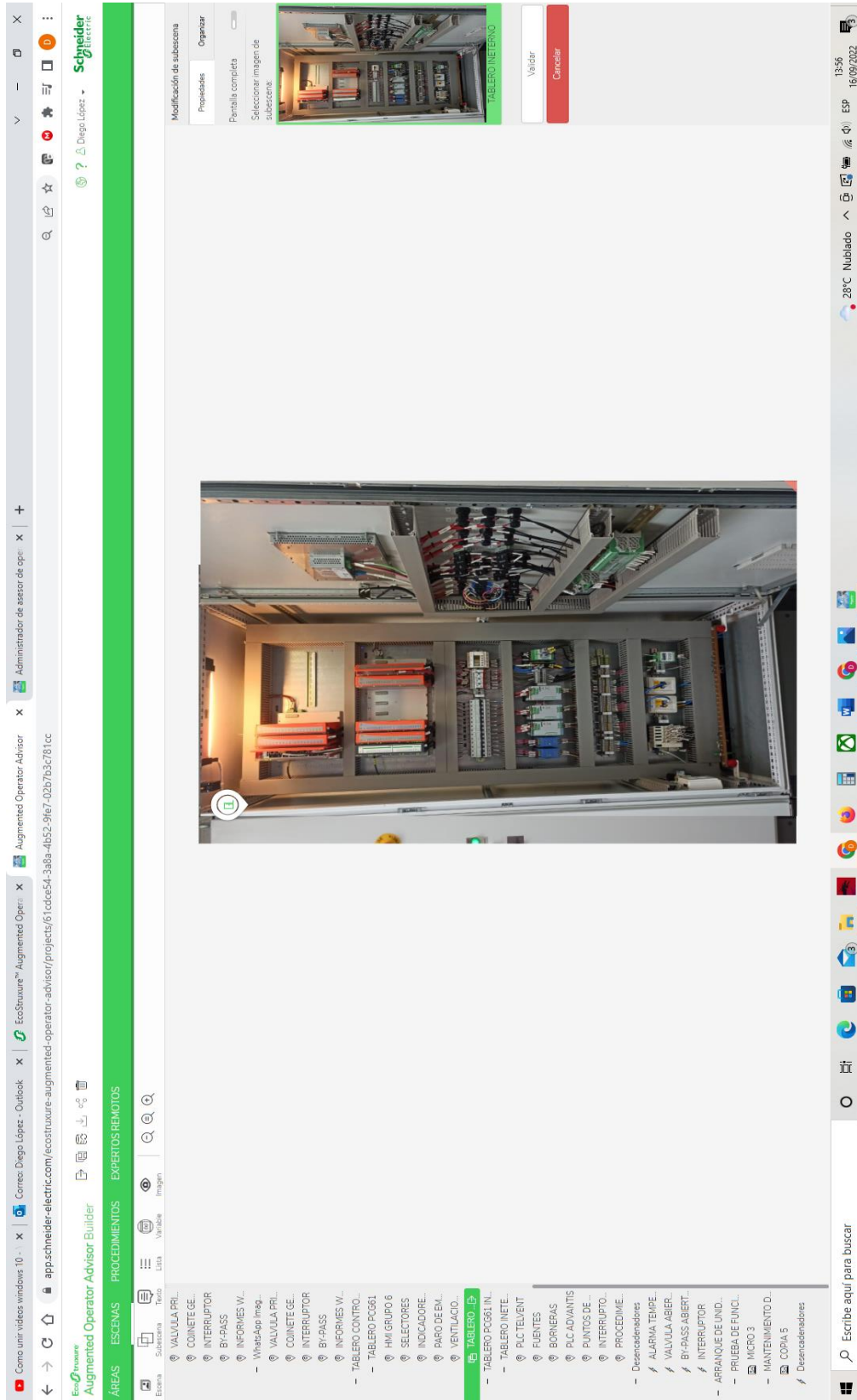


Figura 36

Programación puntos de interés y texto tablero del PLC.

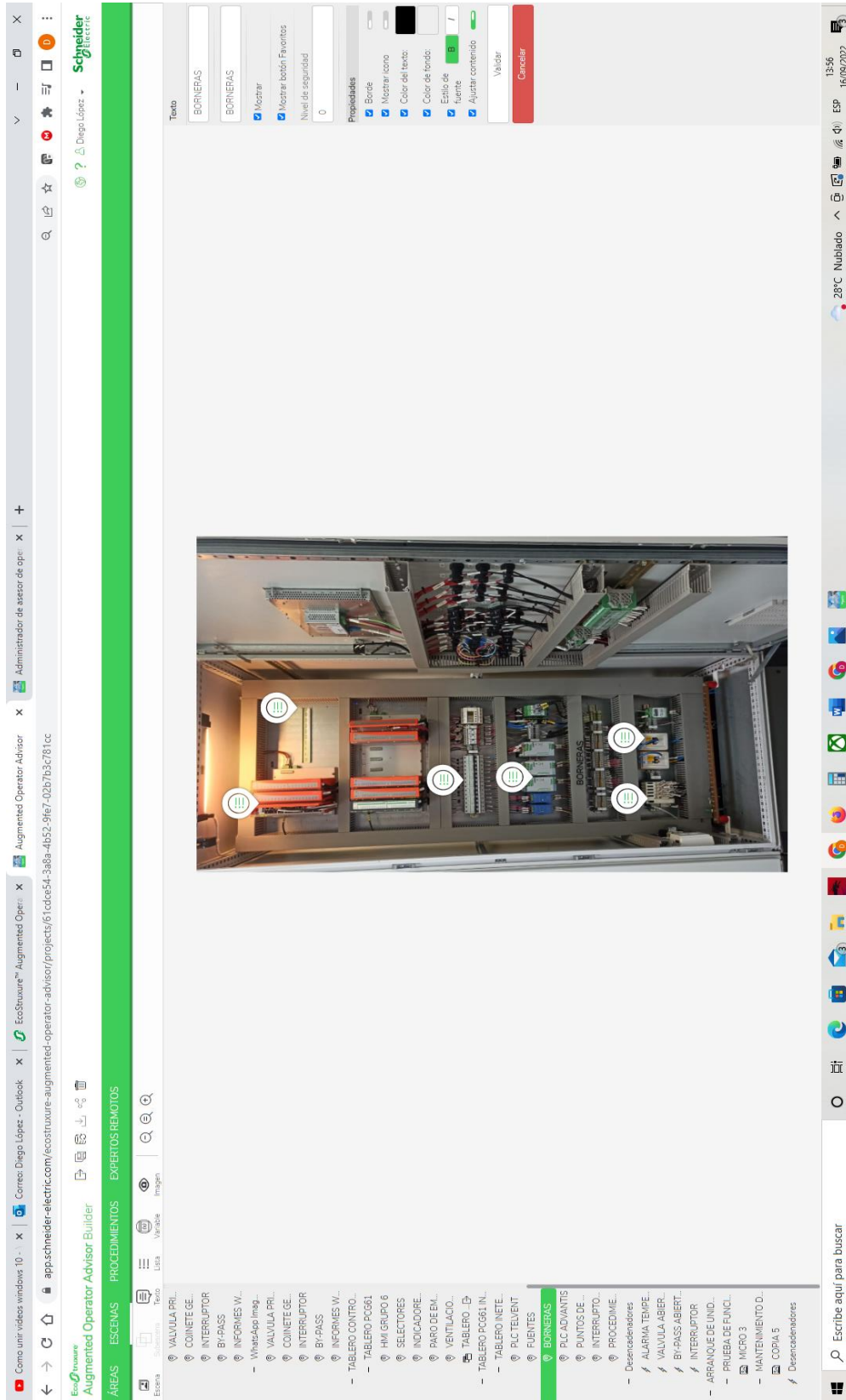


Figura 37

Programación variable de temperatura cojinete.

The screenshot displays a configuration interface for a Schneider Electric system. The main configuration area is titled "TEMPERATURA COINETE" and includes the following details:

- Variable:** TEMPERATURA_COINETE
- Condiciones:**
 - TEMPERATURA_COINETE >= 69
- Acciones:**
 - TEMPERATURA_COINETE: Cambiar color del texto
 - Var TEMPERATURA_COINETE <= 68

The interface also features a top navigation bar with "EcosHouse", "Augmented Operator Advisor", and "div.toolbar-scroll-options". The bottom status bar indicates a temperature of "28°C Nublado" and the date "16/09/2022".

Figura 38

Programación procedimiento arranque de unidad.

The image displays the Schneider Electric EcoStruxure Advisor Builder interface. The top navigation bar includes the user name 'Diego López', the application name 'EcoStruxure Advisor', and various utility icons. The main workspace is divided into several sections:

- Left Panel:** A tree view showing the project structure with categories like 'Procedimientos' (Procedures) and 'Ecomat'. Under 'Procedimientos', there is a sub-section for 'ARRANQUE' (Start) containing 'ARRANQUE DE LA UNIDAD MANUALMENTE' (Manual Unit Start).
- Center Panel:** A flowchart diagram for the 'ARRANQUE' procedure. The process starts with 'TOMAR LEVANTE DEL TABLERO' (Take the panel up), leading to 'PONER EN SERVICIO LA UNIDAD' (Put the unit into service). This step branches into 'AUTOMÁTICO LOCAL' (Local Automatic) and 'INDICADORES DE FALLAS' (Fault Indicators). The 'AUTOMÁTICO LOCAL' path leads to 'RESETEO DE FALLAS' (Reset Faults), which then leads to a decision diamond 'RESETEO DE FALLAS'. The 'RESETEO DE FALLAS' diamond has a 'SI' (Yes) path leading to 'RESETEO FALLA' (Reset Fault) and a 'NO' path leading to 'MANTENIMIENTO FINALIZADO' (Maintenance Completed). The 'RESETEO DE FALLAS' diamond also has a 'NO' path leading to 'MANTENIMIENTO FINALIZADO'. From 'MANTENIMIENTO FINALIZADO', the process goes to a decision diamond 'ASA LIBRE' (Clear). The 'ASA LIBRE' diamond has a 'SI' path leading to 'MANTENIMIENTO FINALIZADO' and a 'NO' path leading to 'REGULAR' (Adjust). The 'REGULAR' step leads to 'OBSERVAR' (Observe), which then leads to 'CER' (Close), 'CIP' (Close Panel), 'ESPERAR' (Wait), 'RESTART', and 'DECLARAR' (Declare).
- Right Panel:** A code editor showing the JavaScript code for the procedure. The code includes comments in Spanish and uses the 'module' API for DOM manipulation. It defines variables for 'unitName' and 'panelName', and uses 'document.querySelector' to find the 'MANTENIMIENTO FINALIZADO' button. The code also includes a 'buildScriptBundle' function and a 'translations' object for localization.

Figura 39

Runtime datos de procedimientos realizados.

The image displays a web application interface for 'EcoStructure' with a 'Historial' (History) section and a DevTools console. The history table contains the following data:

Fecha inicial	Fecha final	Duración	Proyecto	Área
31/08/2022, 14:48:55	31/08/2022, 16:31:15	1 hora, 42 minutos	REALIDAD AUMENTADA SAYMIRIN	ARRANQUE DE UNIDAD
31/08/2022, 14:49:46	31/08/2022, 14:51:40	1 hora, 49 minutos	MAQUINA FUERA DE LINEA	ARRANQUE
31/08/2022, 14:51:55	31/08/2022, 16:57:00	1 hora, 45 minutos	COMUNICAR AL OPERADOR	ARRANQUE
31/08/2022, 16:57:00	31/08/2022, 16:57:00	0 minutos	UNIDAD FUERA DE SERVICIO	ARRANQUE

The DevTools console shows the following HTML structure for the active procedure:

```

<div class="hydrated translated-itr">
  <head></head>
  <body wfd-invisible="true">
    <script type="text/javascript" wfd-invisible="true"></script>
    <app-root ng-version="9.0.7">
      <app-loading-screen></app-loading-screen>
      <router-outlet></router-outlet>
      <app-dashboard>
        <div>
          <nav role="navigation" class="header-height" style="overflow: visible;">
            <router-outlet></router-outlet>
          </nav>
          <ng-component _ngroot-dbw-c61>
            <div _ngcontent-dbw-c61 class="main-content no-toolbar">
              <div _ngcontent-dbw-c61 class="system-background-note">
                <div _ngcontent-dbw-c61 class="panel-head">
                  <div _ngcontent-dbw-c61 class="panel-head"></div>
                </div>
              </div>
            </div>
          </ng-component>
        </div>
      </app-root>
    </script src="assets/libs/jquery/jquery.min.js" wfd-invisible="true">
  </body>
</div>
  
```


Se anexa validación de la propuesta.

Figura 41

Evaluación realizada por el ingeniero Marco Ávila.

VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Marco Ávila	21	Ing. Tecnológico Eléctrico	Supervisor

Criterios de evaluación

Criterio	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables.
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabian Albarrocin Guarochico MBA

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				Totalmente Acuerdo
	En Total	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X



Rubrica Evaluador

Figura 42

Evaluación realizada por el magister Rolando Zambrano.

VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Rolando Agustín Zambrano Jara	19	Magister en Gestión Auxiliar de Mantenimiento Ingeniería	

Criterios de evaluación

Criterio	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables.
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabian Albarrocin Guarochico MBA

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				Totalmente Acuerdo
	En Total	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X



Rubrica Evaluador

Figura 43

Evaluación realizada por el ingeniero Roberto Puma.

VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Datos del validador.

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Roberto Puma	10	Ing. Mecánico Automatiz.	Mecánico Generación

Criterios de valoración

Criterio	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables.
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabian Albarracín Guarachico MBA

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total	En Desacuerdo	NI de Acuerdo NI en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

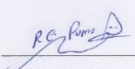

Rubrica Evaluador

Figura 44

Evaluación realizada por el magister Esteban Reino

VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Datos del validador.

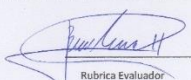
Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Esteban Francisco Reino Chérrez	3	Magister en Electrónica y Automatización.	Operador de Centrales.

Criterios de valoración

Criterio	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables.
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Wilmer Fabian Albarracín Guarachico MBA

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total	En Desacuerdo	NI de Acuerdo NI en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X


Rubrica Evaluador

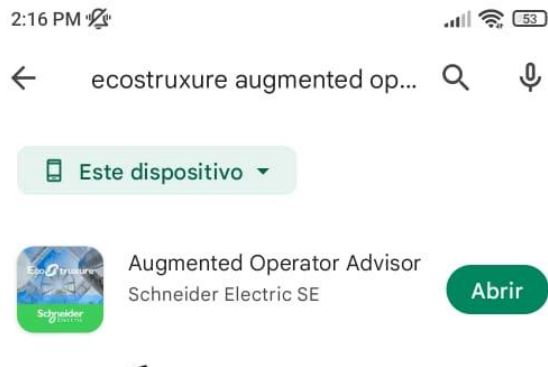
1

Se adjunta manual de usuario básico.

Primero: descargar aplicación del Play Store y abrirla como se muestra en la figura siguiente.

Figura 45

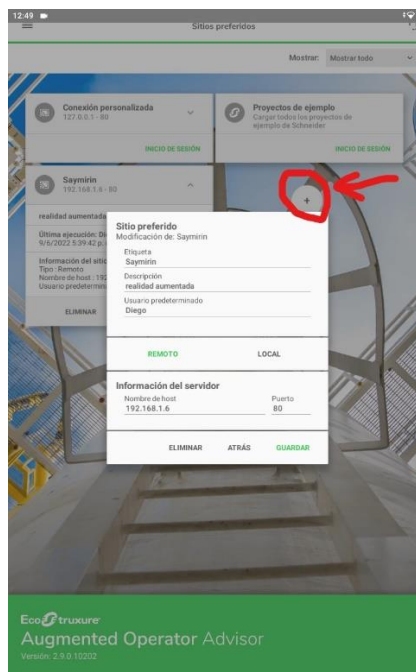
Aplicación Play Store.



Segundo: presionar en el signo + como se indica en la figura e ingresar los datos del sitio preferido la conexión remota y guardar.

Figura 46

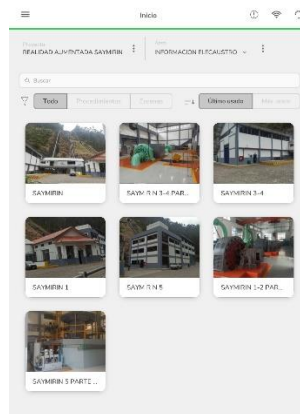
Información del Sitio.



Tercero: creado el nuevo sitio preferido, presionar en iniciar sesión colocar como usuario **Diego** y la contraseña **Saymirin2022**, presionar nuevamente inicio de sesión y se debe abrir en interfaz con la información cargada, como se muestra en la imagen a continuación.

Figura 47

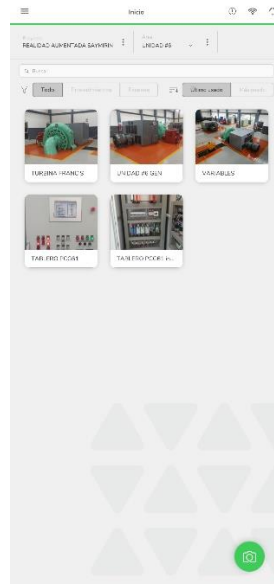
Interfaz de la aplicación.



Cuarto: seleccionar el área en el cual se requiere trabajar, sea en el área de información de Elecaastro, unidad #6 o procedimientos. En la figura se observa cargada el área de la unidad #6, se ven las escenas creadas, para empezar a trabajar presionar en el icono de la cámara que está en la parte inferior.

Figura 48

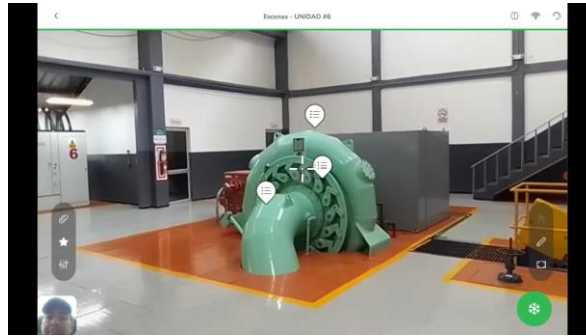
Selección de área.



Quinto: se abre la cámara, apuntar en dirección de la unidad y se mostraran los puntos de interés, para estabilizar la imagen, presionar el icono inferior derecho para que la imagen se congele, de esa manera se puede revisar la información sin tener que está apuntando hacia la unidad. Presionar en el icono de lápiz, si desea ingresar un comentario o una nota que necesite ver en otra fecha, o si quiere que un compañero la observe.

Figura 49

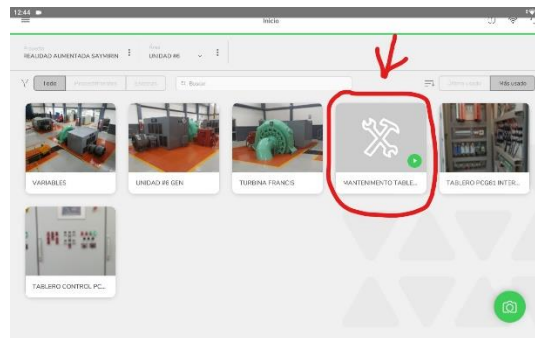
Puntos de interés.



Sexto: para realizar los procedimientos encada área indica un icono de procedimientos como se indica en la figura.

Figura 50

Procedimientos.



Séptimo: ingresar en el procedimiento e iniciar como se muestra en la figura, se indicará paso por paso los procedimientos, al finalizar guardas los datos del procedimiento para luego revisar en el Runtime.

Figura 51

Inicio procedimiento.

