

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y
SERVICIOS



DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PILOTO DE REALIDAD AUMENTADA PARA EL
APOYO EN EL MANTENIMIENTO INSTRUMENTAL DE UNA PLANTA DE
AGLOMERACIÓN DE COBRE

Tesis presentada por el Bachiller:
Flórez Farfán, Yamir Gersson

Para optar el Grado Académico de:
Maestro en Ciencias: Ingeniería
Electrónica con mención en
Automatización e Instrumentación

Asesor:
Dr. Sulla Torres, Raúl Ricardo

Arequipa – Perú
2020

DEDICATORIA:

A Dios, por su guía y fortaleza.

A mi novia Lizbeth, por su amor incondicional.

A mis Padres, Emperatriz y

Fredy, por haber dedicado sus vidas a mi realización personal y profesional.

A mi hermana Nayely, por su motivación constante.

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo presentar el diseño de una aplicación piloto de realidad aumentada para el apoyo del mantenimiento instrumental de una planta de aglomeración de cobre. Esta aplicación piloto permite el acceso a información en tiempo real y en el sitio de los equipos e instrumentos a través de la cámara de un celular que está conectado a la red WiFi de la planta.

Esta aplicación piloto es diseñada sobre los componentes del sistema de control existente, lo cual hace más sencillo su integración.

La aplicación piloto de realidad aumentada permitirá al personal de mantenimiento tener información necesaria de los equipos e instrumentos para poder diagnosticar rápidamente una falla o problema y poder darle solución en el menor tiempo posible, de esta manera se reduce los tiempos de paradas no programadas. Esto dota de una herramienta adicional al personal de mantenimiento para el mantenimiento correctivo.

La aplicación piloto de realidad aumentada se diseñó sobre el Software EcoStruxure Augmented Operator Advisor de la marca Schneider y sobre Node RED para la integración de los datos del PLC de la marca Allen Bradley.

PALABRAS CLAVE: Realidad Aumentada, Planta de Aglomeración de Cobre, Mantenimiento Instrumental, WiFi, Mantenimiento Correctivo, EcoStruxure Augmented Operator Advisor, Node RED.

ABSTRACT

The present work aims to present the design of an augmented reality pilot application to support the instrumental maintenance of a copper agglomeration plant. This pilot application allows access to information in real time and on the site of the equipment and instruments through the camera of a cell phone that is connected to the plant's WiFi network.

This pilot application is designed on the components of the existing control system, which makes its integration easier.

The augmented reality pilot application will allow maintenance personnel to have the necessary information on the equipment and instruments to be able to quickly diagnose a fault or problem and be able to solve it in the shortest possible time, thus reducing unscheduled downtime. This provides maintenance personnel with an additional tool for corrective maintenance.

The augmented reality pilot application was designed on the Schneider brand EcoStruxure Augmented Operator Advisor Software and on Node RED for the integration of Allen Bradley brand PLC data.

KEYWORDS: Augmented Reality, Copper Agglomeration Plant Instrumental Maintenance, WiFi, Corrective Maintenance, EcoStruxure Augmented Operator Advisor, Node RED.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	2
CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. ALCANCE	2
1.4. OBJETIVOS	2
1.4.1. Objetivo General	2
1.4.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO 2	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. INDUSTRIA 4.0	4
2.1.1. Fundamentos de la Industria 4.0	4
2.1.1.1. Análisis de datos Big Data	5
2.1.1.2. Robótica	5
2.1.1.3. Simulación	6
2.1.1.4. Sistemas de Integración Vertical y Horizontal	6
2.1.1.5. Internet de las cosas (IoT)	6
2.1.1.6. Ciberseguridad	7
2.1.1.7. Cloud computing	7
2.1.1.8. Manufactura Aditiva – 3D	7
2.1.1.9. Realidad Aumentada	7
2.2. REALIDAD AUMENTADA	8
2.2.1. Diferencias entre Realidad Virtual y Realidad Aumentada	8
2.3. ECOSTRUXURE AUGMENTED OPERATOR ADVISOR	8
2.3.1. Componentes de Ecostruxure Augmented Operator Advisor	10
2.3.2. Ecostruxure Augmented Operator Advisor Builder	11
2.3.3. Ecostruxure Augmented Operator Advisor Runtime	12
2.3.4. Ecostruxure Augmented Operator Advisor App	12
2.4. NODE RED	13
2.5. PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE	14
2.5.1. Descripción del Proceso de Aglomerado de Cobre	14
2.5.2. Diagramas del Proceso de Aglomerado de la Línea 1	15
2.5.3. Equipos e Instrumentación de la Línea 1	16
CAPÍTULO 3	17

DISEÑO DE LA APLICACIÓN PILOTO DE REALIDAD AUMENTADA E INTEGRACIÓN CON PLC	17
3.1. DISEÑO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE	17
3.1.1. Arquitectura de Red Actual	17
3.1.2. Arquitectura de Red Propuesta.....	19
3.1.3. Equipos para la Integración de la Realidad Aumentada	20
3.1.3.1. Alimentador Vibratorio 1 – 1000-FD-001	21
3.1.3.2. Faja Transportadora 1 – 1000-CV-001	21
3.1.3.3. Aglomerador 1 – 1000-AM-001	21
3.1.3.4. Faja Transportadora 2 – 1000-CV-002	22
3.1.3.5. Flujómetros 1000-FIT-001/002	22
3.1.3.6. Válvulas 1000-FV-001/002	23
3.1.3.7. Válvulas 1000-FV-003/004	23
3.2. INTEGRACIÓN DATOS DE PLC CON NODE-RED	23
3.2.1. Nodo: Node-red-contrib-cip-ethernet-ip	24
3.2.2. Nodo: Change.....	26
3.2.3. Nodo: Function	26
3.2.4. Nodo: Led.....	27
3.2.5. Nodo: Gauge	28
3.2.6. Nodo: Chart	28
3.2.7. Nodo: Augmented Operator Variable.....	29
3.2.8. Nodo: Link Out.....	30
3.2.9. Hoja de Flujo de Alimentador Vibratorio 1.....	30
3.2.10. Hoja de Flujo de Faja 1	31
3.2.11. Hoja de Flujo de Aglomerador 1	32
3.2.12. Hoja de Flujo de Faja 2	33
3.2.13. Hoja de Flujo de Instrumentación.....	34
3.2.14. Hoja de Flujo de Comunicación	35
3.3. DISEÑO DE LA REALIDAD AUMENTADA CON ECOSTRUXURE AUGMENTED OPERATOR ADVISOR BUILDER	36
3.3.1. Configuración de Variables	36
3.3.2. Configuración de Documentos.....	38
3.3.3. Configuración de Aplicaciones Externas.....	39
3.3.4. Configuración de Escenas.....	39
3.3.4.1. Escena 1000-FD-001.....	40

3.3.4.2.	Escena 1000-CV-001	44
3.3.4.3.	Escena 1000-AM-001	48
3.3.4.4.	Escena 1000-CV-002	52
3.3.4.5.	Escena 1000-FIT-001	56
3.3.4.6.	Escena 1000-FIT-002	58
3.3.4.7.	Escena 1000-FV-001.....	60
3.3.4.8.	Escena 1000-FV-002.....	61
3.3.4.9.	Escena 1000-FV-003.....	63
3.3.4.10.	Escena 1000-FV-004.....	65
3.4.	DISEÑO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LOS MÓDULOS DE PRUEBA.....	66
3.4.1.	Escena Módulo AB.....	66
3.4.2.	Escena Módulo PowerFlex 40.....	67
CAPÍTULO 4		70
PRUEBAS DE VALIDACIÓN		70
4.1.	PRUEBAS CON IMÁGENES DE LA PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE.....	72
4.1.1.	Prueba de Escena 1000-FD-001	73
4.1.2.	Prueba de Escena 1000-CV-001.....	77
4.1.3.	Prueba de Escena 1000-AM-001.....	81
4.1.4.	Prueba de Escena 1000-CV-002.....	84
4.1.5.	Prueba de Escena 1000-FIT-001.....	89
4.1.6.	Prueba de Escena 1000-FIT-002.....	91
4.1.7.	Prueba de Escena 1000-FV-001	93
4.1.8.	Prueba de Escena 1000-FV-002	95
4.1.9.	Prueba de Escena 1000-FV-003	98
4.1.10.	Prueba de Escena 1000-FV-004	100
4.2.	PRUEBAS CON MÓDULOS	102
4.2.1.	Prueba con Módulo AB	102
4.2.2.	Prueba con Módulo PowerFlex 40.....	105
CAPÍTULO 5		110
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		110
5.1.	CONCLUSIONES	110
5.2.	RECOMENDACIONES.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		111
ANEXO 1.....		112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pilares de la Industria 4.0. (Drew, 2020)	5
Figura 2 Vista desde Tablet de Realidad Aumentada (Schneider Electric, 2020).	9
Figura 3 Arquitectura general para la Realidad Aumentada (Schneider Electric, 2020).	11
Figura 4 Vista del entorno del software EcoStruxure Augmented Operator Advisor.	12
Figura 5 Programa Node RED.	13
Figura 6 Diagrama de Bloques del Proceso de Aglomerado de Línea 1.	15
Figura 7 Diagrama de Flujo del Proceso de Aglomerado de Línea 1.	15
Figura 8 Arquitectura de Red Actual.	18
Figura 9 Pantalla de Aplicación de Estación de Operación.	19
Figura 10 Arquitectura de Red Propuesta.	20
Figura 11 Entorno de Programación de Node RED.	24
Figura 12 Nodo Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.	24
Figura 13 Configuración de Nodo Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.	25
Figura 14 Configuración de Tags Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.	25
Figura 15 Nodo Change.	26
Figura 16 Configuración de Nodo Change.	26
Figura 17 Nodo Function.	26
Figura 18 Configuración de Nodo Function.	27
Figura 19 Nodo Led.	27
Figura 20 Configuración de Nodo Led.	27
Figura 21 Nodo Gauge.	28
Figura 22 Configuración de Nodo Gauge.	28
Figura 23 Nodo Chart.	28
Figura 24 Configuración de Nodo Chart.	29
Figura 25 Nodo Augmented Operator Variable.	29
Figura 26 Configuración de Nodo Augmented Operator Variable.	30
Figura 27 Nodo Link Out.	30
Figura 28 Configuración de Nodo Link Out.	30
Figura 29 Hoja de Flujo de Alimentador Vibratorio 1.	31
Figura 30 Hoja de Flujo de Faja 1.	32
Figura 31 Hoja de Flujo de Aglomerador 1.	33
Figura 32 Hoja de Flujo de Faja 2.	34
Figura 33 Hoja de Flujo de Instrumentación.	35
Figura 34 Hoja de Flujo de Comunicación.	35
Figura 35 Proyecto de Realidad Aumentada.	36
Figura 36 Configuración de Variables.	37
Figura 37 Configuración de Documentos.	39
Figura 38 Configuración de Aplicaciones Externas.	39
Figura 39 Configuración de Escenas.	40
Figura 40 Escena 1000-FD-001.	40
Figura 41 Punto de Interés 1 de Escena 1000-FD-001.	42
Figura 42 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FD-001.	42
Figura 43 Punto de Interés 2 de Escena 1000-FD-001.	43
Figura 44 Interlocks y Fallas de Escena 1000-FD-001.	44
Figura 45 Escena 1000-CV-001.	45
Figura 46 Punto de Interés 1 de Escena 1000-CV-001.	45
Figura 47 Monitoreo de Variables de Escena 1000-CV-001.	46

Figura 48 Punto de Interés 2 de Escena 1000-CV-001.	47
Figura 49 Interlocks y fallas de Escena 1000-CV-001.....	48
Figura 50 Escena 1000-AM-001.....	49
Figura 51 Punto de Interés 1 de Escena 1000-AM-001.....	49
Figura 52 Monitoreo de Variables de Escena 1000-AM-001.....	50
Figura 53 Punto de Interés 2 de Escena 1000-AM-001.....	51
Figura 54 Interlocks y Fallas de Escena 1000-AM-001.	52
Figura 55 Escena 1000-CV-002.....	53
Figura 56 Punto de Interés 1 de Escena 1000-CV-002.	53
Figura 57 Monitoreo de Variables de Escena 1000-CV-002.....	54
Figura 58 Punto de Interés 2 de Escena 1000-CV-002.	55
Figura 59 Interlocks y Fallas de Escena 1000-CV-002.....	55
Figura 60 Escena 1000-FIT-001.	56
Figura 61 Punto de Interés de Escena 1000-FIT-001.....	57
Figura 62 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FIT-001.	57
Figura 63 Escena 1000-FIT-002.	58
Figura 64 Punto de Interés de Escena 1000-FIT-002.....	59
Figura 65 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FIT-002.	59
Figura 66 Escena 1000-FV-001.	60
Figura 67 Punto de Interés de Escena 1000-FV-001.....	61
Figura 68 Monitoreo de Escena 1000-FV-001.	61
Figura 69 Escena 1000-FV-002.....	62
Figura 70 Punto de Interés de Escena 1000-FV-002.....	62
Figura 71 Monitoreo de Escena 1000-FV-002.	63
Figura 72 Escena 1000-FV-003.....	64
Figura 73 Punto de Interés de Escena 1000-FV-003.....	64
Figura 74 Monitoreo de Escena 1000-FV-003.	65
Figura 75 Escena 1000-FV-004.....	65
Figura 76 Punto de Interés de Escena 1000-FV-004.....	66
Figura 77 Monitoreo de Escena 1000-FV-001.	66
Figura 78 Escena Módulo AB.	67
Figura 79 Punto de Interés de Escena Módulo AB.	67
Figura 80 Escena Módulo PowerFlex 40.	68
Figura 81 Punto de Interés 1 de Escena Módulo PowerFlex 40.	68
Figura 82 Punto de Interés 2 de Escena Módulo PowerFlex 40.	69
Figura 83 arquitectura de Red para pruebas.	71
Figura 84 Vista desde el celular de la pantalla inicial.	71
Figura 85 Vista desde el celular de la pantalla para carga de App.....	72
Figura 86 Prueba de celular.	72
Figura 87 Vista desde el celular de la Escena 1000-FD-001.....	73
Figura 88 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-FD-001.....	74
Figura 89 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-FD-001.....	74
Figura 90 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-FD-001.	75
Figura 91 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-FD-001.....	75
Figura 92 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FD-001.	76

Figura 93 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-FD-001.	77
Figura 94 Vista desde el celular de la Escena 1000-CV-001.....	77
Figura 95 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-001.	78
Figura 96 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-001.	78
Figura 97 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-001.....	79
Figura 98 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-001.....	79
Figura 99 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-001.	80
Figura 100 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-001.	80
Figura 101 Vista desde el celular de la Escena 1000-AM-001.....	81
Figura 102 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-AM-001.....	81
Figura 103 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-AM-001.....	82
Figura 104 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-AM-001.	82
Figura 105 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-AM-001.	83
Figura 106 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-AM-001.	83
Figura 107 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-AM-001.	84
Figura 108 Vista desde el celular de la Escena 1000-CV-002.....	85
Figura 109 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-002.	85
Figura 110 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-002.	86
Figura 111 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-002.....	86
Figura 112 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-002.....	87
Figura 113 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-002.	88
Figura 114 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-002.	88
Figura 115 Vista desde el celular de la Escena 1000-FIT-001.	89
Figura 116 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-001.....	89
Figura 117 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FIT-001.....	90
Figura 118 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-001.....	91
Figura 119 Vista desde el celular de la Escena 1000-FIT-002.	91
Figura 120 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-002.....	92
Figura 121 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FIT-002.	92
Figura 122 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-002.....	93
Figura 123 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-001.	93
Figura 124 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-001.....	94

Figura 125 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-001.....	94
Figura 126 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-001.....	95
Figura 127 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-002.....	96
Figura 128 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-002.....	96
Figura 129 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-002.....	97
Figura 130 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-002.....	97
Figura 131 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-003.....	98
Figura 132 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-003.....	98
Figura 133 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-003.....	99
Figura 134 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-003.....	100
Figura 135 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-004.....	100
Figura 136 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-004.....	101
Figura 137 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-004.....	101
Figura 138 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-004.....	102
Figura 139 Módulo AB.....	103
Figura 140 Vista desde el celular de la Escena MÓDULO AB.....	103
Figura 141 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena Módulo AB.....	104
Figura 142 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo AB.....	104
Figura 143 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo AB.....	105
Figura 144 Módulo PowerFlex 40.....	105
Figura 145 Vista desde el celular de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	106
Figura 146 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	107
Figura 147 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	107
Figura 148 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	108
Figura 149 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	109
Figura 150 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Listado de Instrumentos Integrados.....	20
Tabla 2 Listado de Tags de Variables Configurados.	38
Tabla 3 Descripción de Indicadores de Estado.	41

INTRODUCCIÓN

Vivimos actualmente la era de la Transformación Digital y de su mano la Industria 4.0. La Industria 4.0 que también es llamada la Industria Inteligente es la cuarta revolución industrial y tiene por objetivo transformar a las empresas en organizaciones inteligentes para conseguir mejores resultados de producción y por lo tanto de negocio. Dentro de este marco dos pilares fundamentales de la Industria 4.0 son la realidad aumentada y el Internet Industrial de las Cosas (IIoT – Industrial Internet of Things). La implementación de aplicaciones de Realidad Aumentada a través de dispositivos móviles como celulares o tablets proporcionan un incremento en la productividad de los trabajadores en tareas de instalación, monitoreo y solución de problemas en las áreas de mantenimiento. Por otro lado el Internet Industrial de las Cosas nos permite la hiperinterconectividad de equipos, sistemas y/o plantas de producción de manera confiable, flexible, escalable y de bajo costo.

Esta tesis está enfocada en el diseño de una aplicación piloto de realidad aumentada para el apoyo de trabajos de mantenimiento instrumental de una planta de aglomeración de cobre que permita el acceso a información de los equipos e instrumentos en tiempo real y en el sitio, de tal manera que el personal de mantenimiento pueda hacer diagnóstico y dar una solución rápida a los problemas o fallas reduciendo el tiempo de parada de planta.

La aplicación está elaborada con el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor de la marca Schneider, la integración de los datos del PLC (Marca Allen Bradley) del sistema de control a esta aplicación se realizó con Node RED. Node RED es un programa de fuente abierta utilizado en el desarrollo de aplicaciones basada en Internet de las Cosas (IoT).

CAPÍTULO 1

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Mantenimiento Instrumental es de suma importancia para el funcionamiento de la Planta de Aglomeración de Cobre ya que permite reducir el número de fallos de los equipos e instrumentos y reducir el tiempo de paradas no programadas. Aunque exista un sistema de control y monitoreo manejado por un operador en la sala de control de la Planta de Aglomeración, el acceso a la información por parte del personal de mantenimiento es restringido y depende en la mayoría de los casos del área de operaciones o del área de control de procesos. Esta información es de vital importancia para la solución de los problemas que ocurren en los instrumentos y equipos de la planta.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La inclusión de tecnologías como la Realidad Aumentada en la Planta de Aglomeración de Cobre proporcionará al personal de mantenimiento acceso a información de los instrumentos y equipos en tiempo real y en el sitio, dotándolo de una herramienta que le permita tomar una acción correctiva en el menor tiempo posible, reduciendo los costos de pérdida por paradas no planificadas.

1.3. ALCANCE

Actualmente la Planta de Aglomeración de Cobre tiene cuatro líneas de producción en funcionamiento, en las cuales se realiza el proceso de aglomerado del material proveniente de la etapa de chancado. Debido a que la aplicación diseñada es un piloto la presente tesis tiene como alcance la Línea 1 de producción de la Planta de Aglomeración de Cobre en condiciones de luz del día.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una aplicación piloto de realidad aumentada para el apoyo en el mantenimiento instrumental de la Línea 1 de producción de una Planta de Aglomeración de Cobre.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una aplicación piloto de realidad aumentada en el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor de la marca Schneider, que proporcione información en tiempo real y en el sitio al personal de mantenimiento de la Planta de Aglomeración de Cobre.
- Diseñar la integración de datos del PLC marca Allen Bradley a la aplicación piloto de realidad aumentada a través de Node RED.
- Realizar pruebas de reconocimiento de las escenas de la aplicación piloto de realidad aumentada de la Planta de Aglomeración de Cobre a través de imágenes de la planta.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la aplicación piloto de realidad aumentada con módulos de prueba.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. INDUSTRIA 4.0

La industria 4.0 llamada también la cuarta revolución industrial es un concepto nacido en 2012 en Alemania, que se originó a partir de un proyecto de ese gobierno que, asegurando que la tecnología era una excelente base para el cambio y el desarrollo necesarios en la industria en todo el mundo, ha establecido sistemas de producción inteligentes, conexión de máquinas, sistemas y activos. La cuarta revolución industrial 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 a costos reducidos. Esta realidad sólo es posible debido al aumento de los avances tecnológicos en el área de tecnología de la información y la ingeniería (ESSS, 2020).

2.1.1. Fundamentos de la Industria 4.0

Ante la evolución de la industria, también se crearon los sistemas de producción inteligentes, que consisten en la unión de las tecnologías físicas y digitales y la integración de todas las etapas de desarrollo de un producto o proceso, lo que trae como un importante impacto positivo más eficiencia y aumento de la productividad (ESSS, 2020). Entre las características más importantes tenemos:

- **Instantánea:** Seguimiento y análisis de datos en tiempo real, garantizando una mayor asertividad en la toma de decisiones. Saber todas las etapas del proceso el momento en que se produzcan.
- **Virtualización:** La simulación por ordenador es ya una realidad, sin embargo, la revolución de la industria propone la monitorización remota de los procesos de producción con el fin de evitar posibles fallos y hacer la red de la producción más eficiente.
- **La descentralización de la toma de decisiones:** Con el fin de mejorar la producción en la industria, sistemas cyber-físicos toman decisiones basadas en el análisis de datos, sin depender de la acción exterior, tornando la decisión más segura y más precisa.
- **Modularización:** En este concepto, el sistema se divide en módulos, o sea, en diferentes partes. Por lo tanto, una máquina producirá de acuerdo con la

demanda, ya que sólo utilizará los recursos necesarios para realizar cada tarea, lo que garantiza la optimización de la producción y ahorro energético.

Para apoyar esta base, hay nueve pilares esenciales que impulsan la evolución de la Industria 4.0, como se muestra en la Figura 1.



Figura 1 Pilares de la Industria 4.0. (Drew, 2020)

2.1.1.1. Análisis de datos Big Data

Analizar y administrar grandes cantidades de datos está permitiendo un mayor rendimiento en la optimización de procesos industriales, mejorando el consumo de energía y la calidad de la producción en empresas que saben cómo utilizar este paradigma tecnológico.

2.1.1.2. Robótica

El uso de robots en la industria no es un concepto nuevo, pero en la industria 4.0 estos adquieren habilidades más allá de sus predecesores, logrando incorporar nuevas capacidades para trabajar sin un supervisor humano y son capaces de trabajar para automatizar y coordinar una serie de tareas logísticas y de producción. Además de reducir los costos, estos robots representan un aumento de la producción.

2.1.1.3. Simulación

El uso de la simulación computacional es esencial para garantizar la calidad y la eficiencia en el desarrollo de productos. También conocida como Computer Aided Engineering (CAE), esta herramienta que ayuda a las empresas en el desarrollo y perfeccionamiento de productos. Con ayuda de una computadora, los profesionales pueden realizar diferentes análisis como: análisis estáticos, dinámicos, de fluidos, térmicos, electromagnéticos y acústicos entre otros, que proporcionan beneficios como la reducción del tiempo en la elaboración de proyectos, aumento de la productividad, facilidad en la detección de fallas y ayuda en la identificación de soluciones. En la Industria 4.0, la simulación desea utilizar más ampliamente las informaciones de la planta, analizando datos en tiempo real, lo que reduce el mundo físico y el virtual. El resultado de la captura de esta información es el llamado digital twin, donde toda la cadena de creación de un producto que tiene el mismo representante también en el mundo virtual. Esto permitirá a los operadores para probar y optimizar la configuración de las máquinas para el siguiente producto en la línea de producción virtual antes de un cambio real.

2.1.1.4. Sistemas de Integración Vertical y Horizontal

Teniendo en cuenta la creciente necesidad interna y externa para gestionar sistemas integrados para proporcionar una única plataforma en la que todos tengan acceso. En la actualidad, no todos los sistemas están completamente integrados, faltando una cohesión empresa-cliente y incluso un proceso de producción de la industria requiere la plena integración. La Industria 4.0 propone una mayor armonía entre todos los que forman parte del ecosistema, asegurando una experiencia de gestión integral, por lo que las cadenas de valor sean realmente automatizadas.

2.1.1.5. Internet de las cosas (IoT)

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.

2.1.1.6. Ciberseguridad

La industria del futuro requiere que todas las áreas de la empresa estén conectadas, por eso que la ciberseguridad es un elemento clave para proteger los sistemas y los datos de las amenazas potenciales y fallos que pueden causar problemas en la producción.

2.1.1.7. Cloud computing

Este modelo tecnológico está permitiendo sostener el desarrollo de la Industria de 4.0. Cada vez son más las tareas relacionadas con la producción de bienes y servicios requieren el uso de aplicaciones y datos compartidos entre diferentes ubicaciones y sistemas más allá de los límites de los servidores de la empresa. La computación en nube ofrece una gran reducción en el costo, el tiempo y la eficiencia.

2.1.1.8. Manufactura Aditiva – 3D

También conocido como impresión en 3D, este pilar implica la producción de partes de capas de material superpuestas, típicamente en forma de polvo, para obtener un modelo 3D. Esta estrategia se puede usar para crear productos a medida que ofrecen ventajas y construcción de dibujos complejos.

2.1.1.9. Realidad Aumentada

A pesar de ser uno de los pilares menos desarrollados de la Industria 4.0, la realidad aumentada es compatible con una gran variedad de aplicaciones y servicios en diferentes campos como la medicina y la educación. Aplicado a las necesidades de la industria, puede tener de instrucciones de montaje enviados a través de desarrollos móviles para piezas prototipo para el uso de gafas de realidad

planteadas a la gestión y el funcionamiento de algunas máquinas, la mejora de los procedimientos de trabajo.

2.2. REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) es el término que se usa para describir al conjunto de tecnologías que permiten que un usuario visualice parte del mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por este. El dispositivo, o conjunto de dispositivos, añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, una parte virtual aparece en la realidad. De esta manera los elementos físicos tangibles se combinan con elementos virtuales, creando así una realidad aumentada en tiempo real (TECNOVO, 2020).

2.2.1. Diferencias entre Realidad Virtual y Realidad Aumentada

Al ser tecnologías en pleno desarrollo, se mezclan y confunden. Presentan similitudes, aunque también diferencias. Se diferencian en (Bockholt, 2017):

- La realidad virtual, da la posibilidad de adentrarse en los espacios virtuales, con el uso de unas gafas de realidad virtual. Lo que se puede ver está creado por un ordenador y la posición de los objetos cambia durante todo el proceso.
- La realidad aumentada ofrece imágenes superpuestas al entorno real, y lo que se observa es una mezcla entre elementos reales y virtuales. Los elementos no alteran su posición, puesto que éstos son reales. Con la realidad aumentada se diferencian los elementos creados y los reales.
- La realidad mixta es una combinación de la realidad virtual y aumentada. En esta se combinan y superponen secuencias en tiempo real dentro del contenido de realidad virtual, se produce una traslación del mundo real al virtual creando un modelado 3D de la realidad.

2.3. ECOSTRUXURE AUGMENTED OPERATOR ADVISOR

EcoStruxure Augmented Operator Advisor es el software que la marca Schneider ha desarrollado para aplicaciones de realidad aumentada.

EcoStruxure Augmented Operator Advisor utiliza la tecnología denominada realidad aumentada para optimizar el funcionamiento y el mantenimiento de los emplazamientos y equipos industriales (Schneider Electric, 2020):

- El operador apunta una tablet o un celular hacia el emplazamiento o equipo a supervisar.
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor utiliza técnicas especiales de comparación de imágenes para emparejar la escena visible del campo de visión de la cámara de la tablet o celular con fotografías almacenadas previamente de la misma escena.
- Cuando se logra una coincidencia, los marcadores denominados puntos de interés se superponen sobre la escena en tiempo real visible en la tablet o celular como se muestra en la Figura 2.
- El operador pulsa los marcadores de punto de interés para mostrar información. Se puede visualizar una gran variedad de información, que incluye:
 - Variables de proceso.
 - Valores extraídos de una base de datos SQL.
 - Documentos, hojas de instrucciones o diagramas de cableado.
 - Páginas web.
 - Vídeos.
 - Audio.
 - Procedimientos.



Figura 2 Vista desde Tablet de Realidad Aumentada (Schneider Electric, 2020).

EcoStruxure Augmented Operator Advisor introduce otros conceptos clave:

- Un área es una zona de cada emplazamiento o edificio (como, por ejemplo, líneas de producción, salas de planta, áreas de almacenamiento, talleres, laboratorios y áreas de oficina) que desea supervisar con EcoStruxure Augmented Operator Advisor.
- Las escenas son las cosas que se deben supervisar en un área, por ejemplo, máquinas, armarios eléctricos o líneas de producción.
- Las subescenas forman parte de una escena, normalmente una vista en primer plano de la escena. Una subescena puede contener sus propios puntos de interés.
- Un proyecto es un contenedor de toda la información en áreas, escenas y subescenas.
- Los procedimientos son un conjunto de instrucciones que el operador debe realizar

2.3.1. Componentes de Ecostruxure Augmented Operator Advisor

EcoStruxure Augmented Operator Advisor consta de los siguientes componentes principales (Schneider Electric, 2020):

- EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder, una aplicación basada en web.
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, un software Windows basado en servidor.
- EcoStruxure Augmented Operator Advisor App, una aplicación que se ejecuta en una Tablet o celular.

La Figura 3 muestra una arquitectura general para la integración de los equipos y componentes de una plicación de realidad aumentada.



Figura 3 Arquitectura general para la Realidad Aumentada (Schneider Electric, 2020).

Para que EcoStruxure Augmented Operator Advisor App se pueda comunicar con el componente EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, ambos se deben conectar a la misma red WiFi o red móvil 3G/4G.

Para visualizar los valores en tiempo real de las variables de proceso que genera el equipo bajo supervisión, se debe instalar una de las aplicaciones siguientes:

- Node-RED.
- EcoStruxure Operator Terminal Expert (o Pro-face BLUE).

La solución también incluye una herramienta de gestión basada en web, EcoStruxure Augmented Operator Advisor Manager.

2.3.2. Ecostruxure Augmented Operator Advisor Builder

EcoStruxure Augmented Operator Advisor Builder es una aplicación basada en web. El usuario crea proyectos en los que se definen áreas, escenas y procedimientos (Schneider Electric, 2020), como se muestra en la Figura 4.

- Una escena es una fotografía de alta resolución en la que se colocan puntos de interés y se configura la información que se va a mostrar.
- Un procedimiento es un conjunto de instrucciones que el operador debe realizar. En las instrucciones puede haber escenas que deben ser reconocidas por EcoStruxure Augmented Operator Advisor App mediante la realidad

aumentada. Esto garantiza que el operador responda correctamente a las instrucciones y realice el procedimiento en el equipo correcto.



Figura 4 Vista del entorno del software EcoStruxure Augmented Operator Advisor.

Una vez que se han definido todas las escenas, se debe compilar el proyecto y luego cargarlo en el dispositivo en el que EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime está instalado.

2.3.3. Ecostruxure Augmented Operator Advisor Runtime

EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime se instala en un PC Magelis HMIG5U Open Box, Magelis iPC/PC industrial o un PC con Windows estándar. Recopila toda la información que se visualizará en los puntos de interés y la envía a la tableta para que la muestre en EcoStruxure Augmented Operator Advisor App. También gestiona la base de datos que contiene las fotografías de escenas y equipos que se incluyen en el proyecto cargado (Schneider Electric, 2020).

2.3.4. Ecostruxure Augmented Operator Advisor App

La EcoStruxure Augmented Operator Advisor App visualiza la realidad (lo que ve el operador con la cámara integrada en la tablet o celular) y la compara con las fotografías de escenas almacenadas en el proyecto de EcoStruxure Augmented Operator Advisor. La escena que se visualiza en la cámara y la imagen almacenada deben coincidir para que se produzca la detección (Schneider Electric, 2020).

2.4. NODE RED

Node-RED es una herramienta de programación visual. Muestra visualmente las relaciones y funciones, y permite al usuario programar sin tener que escribir una línea. Node RED es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos (Dario, 2020). La Figura 5 muestra la vista del programa Node RED.



Figura 5 Programa Node RED.

Node RED se ha convertido en el estándar open-source para la gestión y procesado de datos en tiempo real, logrando simplificar los procesos entre productores y consumidores de información.

Node RED se ha consolidado como framework open-source para la gestión y transformación de datos en tiempo real en entornos de Industry 4.0, IOT, Marketing digital o sistemas de Inteligencia Artificial entre otros. La sencillez de aprendizaje y uso, que no requiere de conocimientos de programación, su robustez y la necesidad de bajos recursos de cómputo ha permitido que hoy en día se encuentre integrado en prácticamente la mayoría de dispositivos IOT e IIOT del mercado, así como equipos Raspberry, sistemas cloud o equipos locales (Spri, 2020).

Node RED es una herramienta muy potente que sirve para comunicar hardware y servicios de una forma muy rápida y sencilla. Simplifica enormemente la tarea de programar del lado del servidor gracias a la programación visual.

Node RED es una herramienta de programación que se utiliza para conectar dispositivos de hardware, APIs y servicios de internet. Adecuado para los equipos

dedicados al Internet de las cosas Industrial(IIoT) y personal dedicado al diseño y prueba de soluciones para la comunicación de equipos de planta con aplicaciones de IT.

Dado que la mayoría de dispositivos IoT para industria 4.0 posibilitan realizar un programa de control con la herramienta de Node RED, el dominio de dicha herramienta permitiría al equipo IIoT explorar y ampliar las soluciones que ofrece a la empresa que lo use.

Fue creada por Nick O’Leary y Dave Conway-Jones del grupo de Servicios de Tecnologías Emergentes de IBM en el año 2013. Su objetivo es dar solución a la complejidad que surge cuando queremos integrar nuestro hardware con otros servicios. Su punto fuerte es la sencillez. Nos permite utilizar tecnologías complejas sin tener que profundizar hasta el más mínimo detalle en todas ellas. Nos quedamos en una capa inicial donde nos centramos en lo importante y dejamos de lado aquello que no es práctico.

2.5. PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE

La planta de aglomeración de cobre consta de cuatro líneas de producción que operan continuamente. Para propósito del diseño de este piloto solo se tomará la Línea 1 de producción.

2.5.1. Descripción del Proceso de Aglomerado de Cobre

El proceso de aglomerado consiste en la adhesión de las partículas finas a las gruesas, mediante un pre-tratamiento del mineral con ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este pre-tratamiento se hace debido a la gran generación de finos que se producen en los procesos de reducción de tamaño, ya que el polvo generado posee un porcentaje apreciable de material valioso.

Al humedecer el mineral con la cantidad de líquido apropiada se alcanza la tensión superficial necesaria para que al colisionar las partículas entre sí los finos se adhieran a los gruesos.

2.5.2. Diagramas del Proceso de Aglomerado de la Línea 1

El proceso consta de cinco etapas bien definidas, en la Figura 6 se muestra el Diagrama de Bloques del Proceso de Aglomerado en la Línea 1 de la Planta de Aglomeración de Cobre:



Figura 6 Diagrama de Bloques del Proceso de Aglomerado de Línea 1.

El material proveniente de la etapa de chancado es depositado en la tolva de finos, una vez ahí el alimentador vibratorio 1000-FD-001 deposita el material en la faja transportadora 1000-CV-001, esta transporta y deposita el material en el Aglomerador 1000-AM-001 donde el material es mezclado con agua y una solución de ácido sulfúrico en cantidades controladas de acuerdo al peso que ingresa al Aglomerador, luego esta mezcla es depositada en la faja transportadora 1000-CV-002 la cual lleva y deposita el material en la faja overland 1000-OV-001 que transporta el material hasta localizarlo en los PAD's de lixiviación.

La Figura 7 muestra el Diagrama de Flujo del Proceso para la Línea 1 de producción:

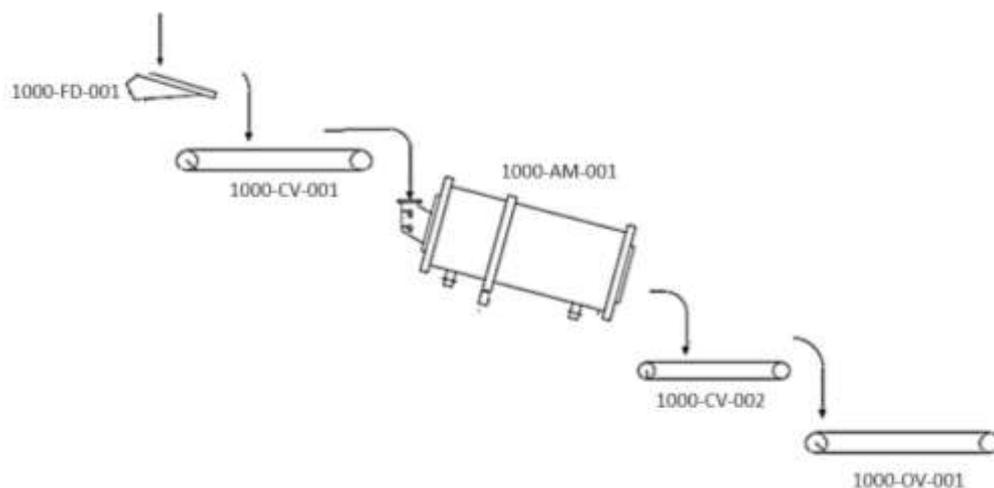


Figura 7 Diagrama de Flujo del Proceso de Aglomerado de Línea 1.

Para fines de diseño de esta aplicación piloto de realidad aumentada solo se consideró los equipos y los instrumentos más importantes de la Línea 1 de Producción.

2.5.3. Equipos e Instrumentación de la Línea 1

Los equipos y la instrumentación es parte vital del funcionamiento de la planta de aglomeración de cobre.

La instrumentación utilizada en la Línea 1 esta compuesta por lo siguiente:

- Flujómetros.
- Pesómetros.
- Válvulas.
- Switch de Desalineamiento de Fajas.
- Switch de velocidad cero.
- Tilt Switct.
- Pull Cord.

Dentro de los equipos más importante tenemos:

- Alimentador Vibratorio 1.
- Faja Transportadora 1.
- Aglomerador 1.
- Faja Colectora 2.

Para mayor detalle de la instrumentación de la Línea 1 se puede revisar el Plano P&ID que se encuentra en el Anexo 1.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA APLICACIÓN PILOTO DE REALIDAD AUMENTADA E INTEGRACIÓN CON PLC

Se diseñó las escenas de la aplicación piloto de realidad aumentada para la planta de aglomeración de cobre en la cual se incluyeron los equipo e instrumentos más importantes de la Línea de Producción 1, éstas incluyen motores, flujómetros y válvulas. La información contenida en cada escena para los equipos e instrumentos proporcionan al personal de mantenimiento lo necesario para poder tomar acciones correctivas ante fallos o problemas de los equipos e instrumentos que forman parte de la Línea 1 de la Planta de Aglomeración.

Adicionalmente se diseñó dos escenas para dos módulos de prueba, el módulo AB que contiene el PLC CompactLogix en el cual se descargó el programa de la Planta de Aglomeración de Cobre, y el módulo PowerFlex 40 con el cual se verificó también el reconocimiento de escenas y el funcionamiento de la aplicación piloto.

3.1. DISEÑO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE

3.1.1. Arquitectura de Red Actual

Actualmente la planta de aglomeración cuenta con un sistema de control conformado por un gabinete de control, tres gabinetes remotos y una estación de operación como se muestra en la Figura 8:

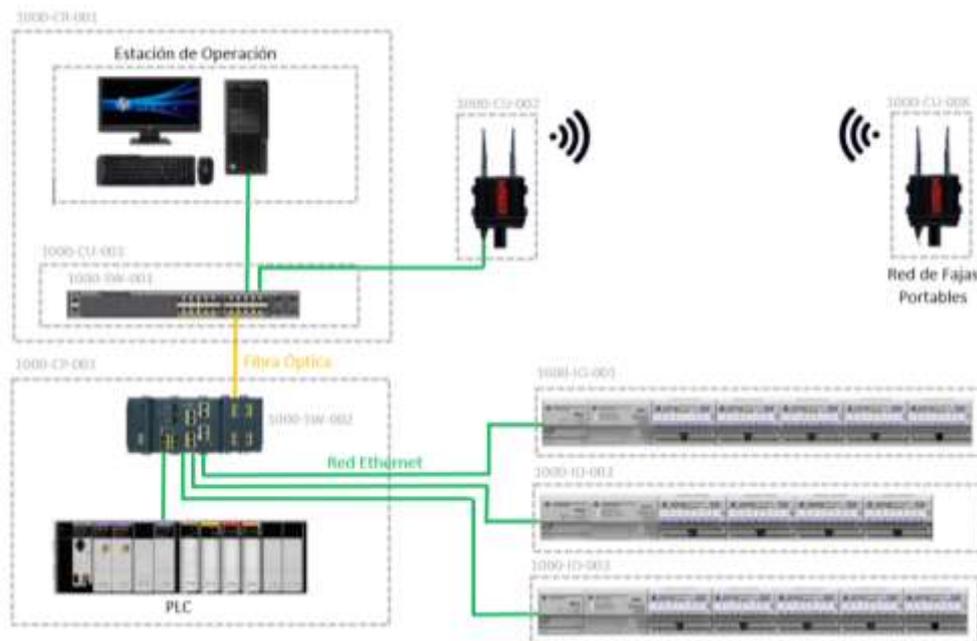


Figura 8 Arquitectura de Red Actual.

El gabinete de control 1000-CP-001 tiene un PLC ControlLogix de la marca Allen Bradley, este PLC se encarga de controlar todo el proceso de la planta de aglomeración de cobre. En el mismo rack del PLC existen módulos de entradas y salidas para integrar las señales de los instrumentos de campo cercanos. Este PLC a la vez posee módulos de comunicación ethernet que le permiten integrarse a la red de control a través del switch 1000-SW-002 ubicado en el mismo tablero.

Existen tres gabinetes remotos 1000-IO-001/002/003 distribuidos en la planta de aglomeración de cobre que integran las señales de los instrumentos de campo que se encuentran en la planta. Estos tres gabinetes remotos que se integran a la red de control a través de una conexión de cable ethernet hacia el switch 1000-SW-002 instalado en el tablero de control.

Este switch 1000-SW-002 se conecta por fibra óptica a otro switch, el 1000-SW-001 ubicado en la sala de control. La estación de operación se conecta al switch 1000-SW-001. A través de la estación de operación un operador monitorea y controla el funcionamiento de la planta, esta estación de operación tiene instalada una aplicación realizada en Factorytalk View de Rockwell Automation.

La Figura 9 muestra la vista general de la Línea 1 de producción de la aplicación en la estación de operación.

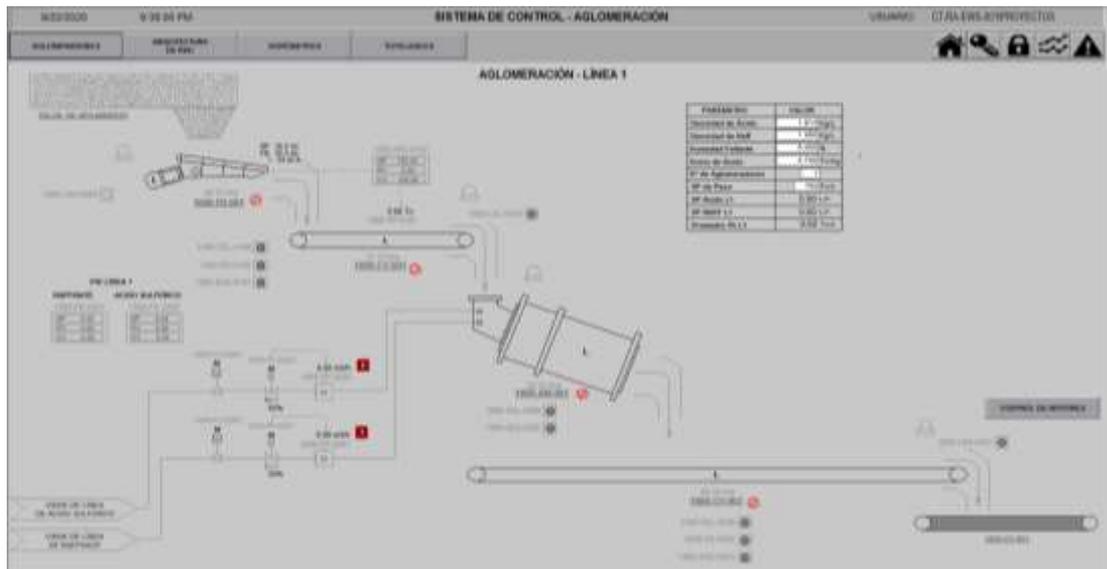


Figura 9 Pantalla de Aplicación de Estación de Operación.

El switch 1000-SW-001 se comunica con el resto de la red industrial a través del tablero de comunicaciones 1000-CU-002. Este tablero de comunicaciones posee un equipo de comunicación WiFi y se comunica con una serie de tableros de comunicación ubicados en las fajas transportadoras portables, estos permiten tener cobertura de red WiFi en la planta de aglomeración de cobre. Las fajas transportadoras portables llevan el material desde la planta de aglomeración hacia el PAD de lixiviación. Esta red WiFi es la que se usará para integrar la aplicación piloto de realidad aumentada.

3.1.2. Arquitectura de Red Propuesta

La arquitectura de red propuesta para la realización de la aplicación piloto de realidad aumentada no modifica la red de control actual, solo se requiere la instalación del software EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime y Node RED en la estación de operación.

Node RED nos permite integrar los datos del PLC de la marca Allen Bradley al EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, el cual va contener la aplicación que el celular va ejecutar desde campo vía inalámbrica, como se muestra en la Figura 10.

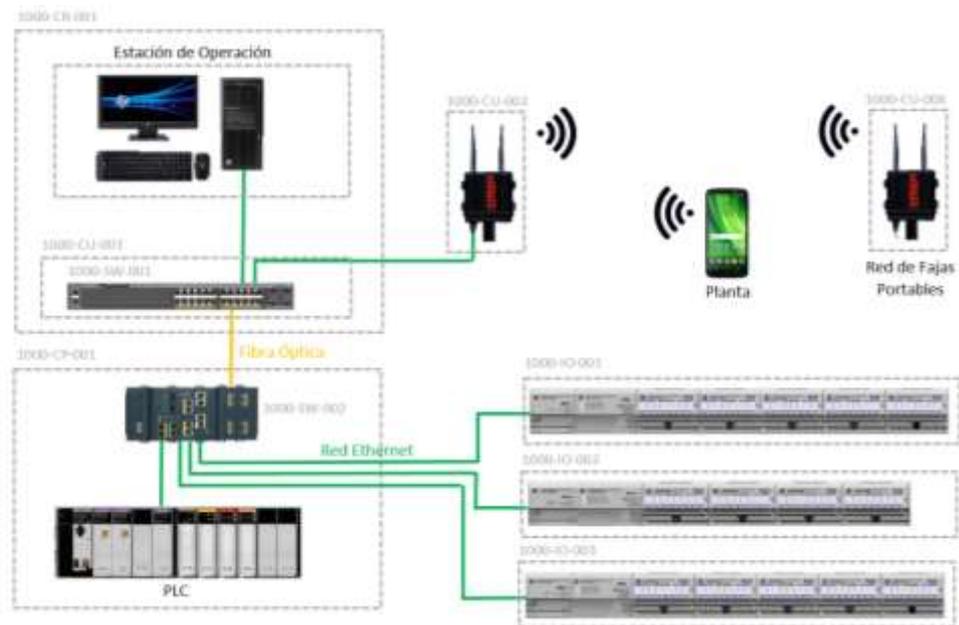


Figura 10 Arquitectura de Red Propuesta.

3.1.3. Equipos para la Integración de la Realidad Aumentada

Para propósito de diseño de esta aplicación piloto de realidad aumentada solo se ha considerado los equipos e instrumentos principales de la Línea 1 de producción de la planta de aglomeración, estos están listados en la Tabla 1:

TAG	Descripción
1000-FD-001	Alimentador Vibratorio 1
1000-CV-001	Faja Transportadora 1
1000-AM-001	Aglomerador 1
1000-CV-002	Faja Colectora 2
1000-FIT-0201	Flujómetro
1000-FIT-0202	Flujómetro
1000-FV-0201	Válvula
1000-FV-0202	Válvula
1000-FV-0203	Válvula
1000-FV-0204	Válvula

Tabla 1 Listado de Instrumentos Integrados.

Cada uno de estos equipos e instrumentos tiene información (variables, estados, manuales y planos) que deben ser visualizados en la aplicación de realidad aumentada desde el celular del personal de mantenimiento. Esta información es relevante a consideración del personal de mantenimiento, pues esta le permitirá dar

solución rápida a los problemas que puedan ocurrir en los equipos e instrumentos de la Línea 1 de la planta de aglomeración de cobre. A continuación se detalla la información que se va a visualizar y tener acceso en tiempo real y en sitio por cada tipo de equipo.

3.1.3.1. Alimentador Vibratorio 1 – 1000-FD-001

Para el alimentador vibratorio 1 se considera la siguiente información:

- Velocidad de Referencia (Hz).
- Velocidad Feedback (Hz).
- Estado de Running.
- Estado de Falla.
- Estado de no listo para arrancar.
- Plano P&ID.
- Plano Eléctrico.
- Lista de Interlocks.
- Lista de Fallos.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.2. Faja Transportadora 1 – 1000-CV-001

Para la faja transportadora 1 se considera la siguiente información:

- Corriente (A).
- Capacidad Térmica (%).
- Estado de Running.
- Estado de Falla.
- Estado de no listo para arrancar.
- Plano P&ID.
- Plano Eléctrico.
- Lista de Interlocks.
- Lista de Fallos.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.3. Aglomerador 1 – 1000-AM-001

Para el Aglomerador 1 se considera la siguiente información:

- Corriente (A).
- Capacidad Térmica (%).
- Estado de Running.
- Estado de Falla.
- Estado de no listo para arrancar.
- Plano P&ID.
- Plano Eléctrico.
- Lista de Interlocks.
- Lista de Fallos.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.4. Faja Transportadora 2 – 1000-CV-002

Para la faja transportadora 2 se considera la siguiente información:

- Corriente (A).
- Capacidad Térmica (%).
- Estado de Running.
- Estado de Falla.
- Estado de no listo para arrancar.
- Plano P&ID.
- Plano Eléctrico.
- Lista de Interlocks.
- Lista de Fallos.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.5. Fluómetros 1000-FIT-001/002

Para los flujómetros se considera la siguiente información:

- Flujo (l/h).
- Fluómetro en falla.
- Planos P&ID.
- Manual del equipo.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.6. Válvulas 1000-FV-001/002

Para las válvulas proporcionales se considera la siguiente información:

- Apertura de Válvula (%).
- Válvula en falla.
- Planos P&ID.
- Manual del equipo.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.1.3.7. Válvulas 1000-FV-003/004

Para las válvulas on/off se considera la siguiente información:

- Estado de Apertura/Cierre.
- Planos P&ID.
- Manual del equipo.
- Pantalla de monitoreo en tiempo real.

3.2. INTEGRACIÓN DATOS DE PLC CON NODE-RED

Para poder integrar los datos que se encuentran en el PLC de control a la aplicación piloto de realidad aumentada se utilizó el programa Node RED, este estará instalado en la PC de la estación de operación.

Node RED nos permite a través de su interface de programación por nodos, integrar el PLC de control que se encuentra en la red ethernet a la aplicación piloto de realidad aumentada, a la vez nos permite mostrar información en forma visual a través de dashboards.

EL programa desarrollado en Node RED servirá como nexo entre el PLC y el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime que se encuentra instalado en la misma PC de la estación de operación.

La Figura 11 muestra la presentación inicial del entorno de programación de Node RED.



Figura 11 Entorno de Programación de Node RED.

Node RED utiliza para programar unas pestañas llamadas hoja de flujo y en cada una de las hojas de flujo hay una serie de nodos configurados que realizan diferentes funciones.

A continuación se detallará cada uno de los tipos nodo utilizados, su función y como fueron configurados para el desarrollo de esta aplicación pilot }, así como también las hojas de flujo desarrolladas.

3.2.1. Nodo: Node-red-contrib-cip-ethernet-ip

El nodo node-red-contrib-cip-ethernet-ip mostrado en la Figura 12 se utiliza para leer datos de PLC's de la marca Allen Bradley. En este caso lee los datos del PLC de control.

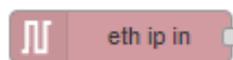


Figura 12 Nodo Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.

Las primeras configuraciones realizadas en este nodo son la asignación del nombre del nodo, la dirección IP del equipo, el slot del PLC y el tiempo de ciclo de lectura de datos como se muestra en la Figura 13.

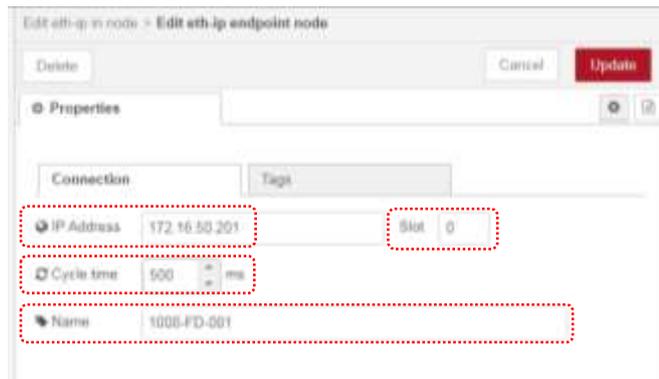


Figura 13 Configuración de Nodo Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.

La segunda configuración realizada en este nodo es la asignación de los nombres de los tags y el tipo de tags que se va a leer del PLC, como se muestra en la Figura 14.

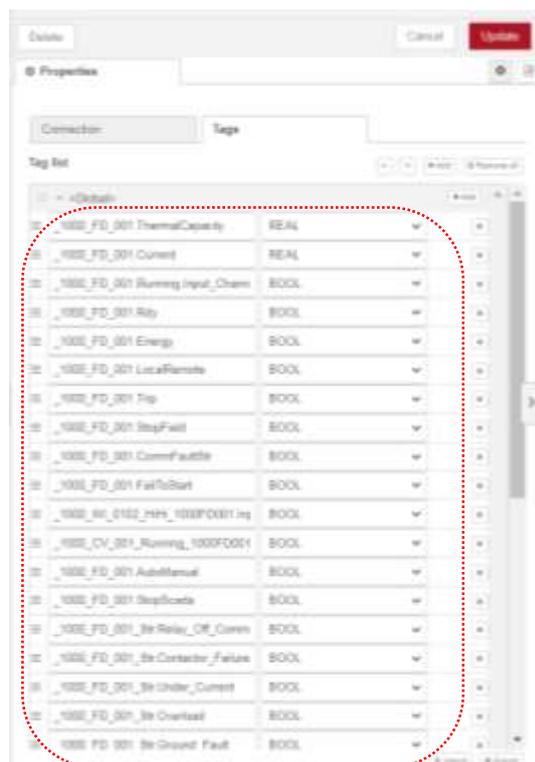


Figura 14 Configuración de Tags Node-red-contrib-cip-ethernet-ip.

Este nodo se utiliza para cada uno de los equipos que forman parte de la aplicación piloto de realidad aumentada.

3.2.2. Nodo: Change

El nodo “Change” mostrado en la Figura 15 se utiliza para seleccionar uno de los tags que se encuentra en el nodo node-red-contrib-cip-ethernet-ip que lee los datos de PLC.

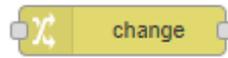


Figura 15 Nodo Change.

Las configuraciones realizadas en este nodo son la de asignación de un nombre y en reglas se configura Setear el msg.payload a msg.payload [‘_1000_FD_001.AutoManual’] para poder transferir el valor del tag de Auto/Manual del alimentador vibratorio 1 al payload del nodo, como se muestra en la Figura 16.



Figura 16 Configuración de Nodo Change.

Esta misma configuración se realiza para todos los tags leídos del PLC.

3.2.3. Nodo: Function

El nodo “Function” mostrado en la Figura 17 se utiliza para realizar algún tipo de función matemática o de programación sobre el payload.



Figura 17 Nodo Function.

Las función configurada en este nodo es de realizar un redondeo del valor a dos decimales, como muestra la Figura 18.

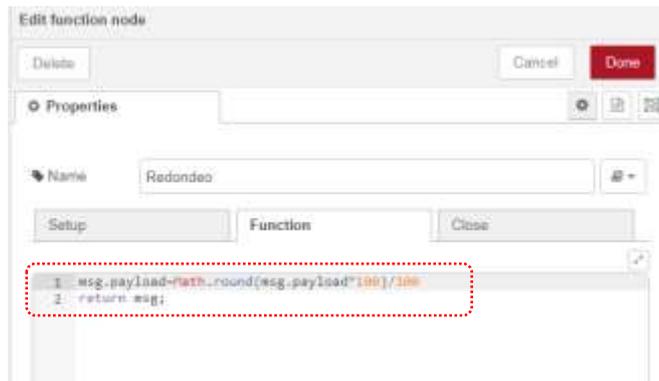


Figura 18 Configuración de Nodo Function.

3.2.4. Nodo: Led

El nodo “Led” mostrado en la Figura 19 se utiliza para realizar visualización de un dato del tipo bit.



Figura 19 Nodo Led.

Las configuraciones realizadas en este nodo son de asignación de color para cada uno de sus estados. En estado “false” el led será de color gris y en estado “true” el led será de color verde, como se muestra en la Figura 20.

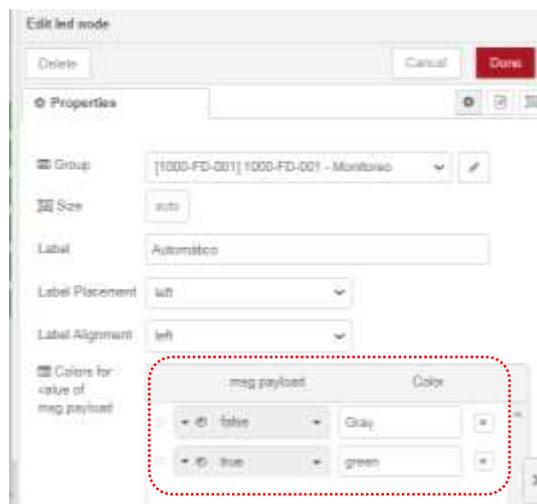


Figura 20 Configuración de Nodo Led.

3.2.5. Nodo: Gauge

El nodo “Gauge” mostrado en la Figura 21 se utiliza para realizar la visualización de un dato del tipo real o entero.



Figura 21 Nodo Gauge.

Las configuraciones realizadas en este nodo son de asignación de un nombre a la variable medida, la unidad de medida y el rango de funcionamiento, como se muestra en la Figura 22.

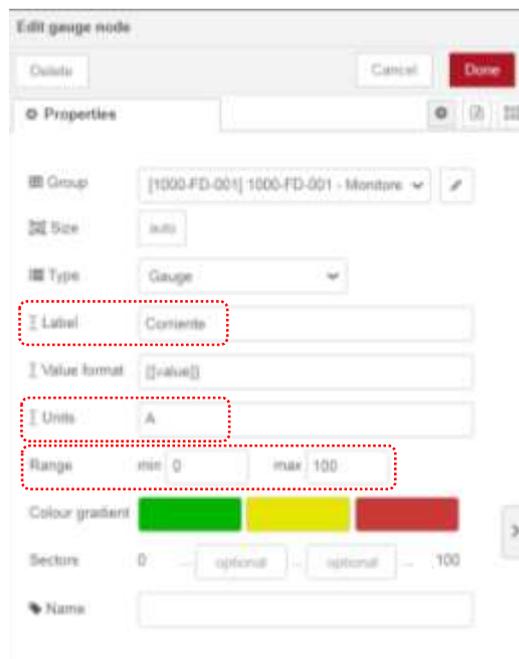


Figura 22 Configuración de Nodo Gauge.

3.2.6. Nodo: Chart

El nodo “Chart” mostrado en la Figura 23 se utiliza para realizar la visualización de un dato del tipo real en una vista tipo tendencia.



Figura 23 Nodo Chart.

Las configuraciones realizadas en este nodo son de asignación de un nombre de la variable medida, del tiempo de visualización en el eje x y el rango de visualización mínimo y máximo en el eje y el color de la tendencia, como se muestra en la Figura 24.

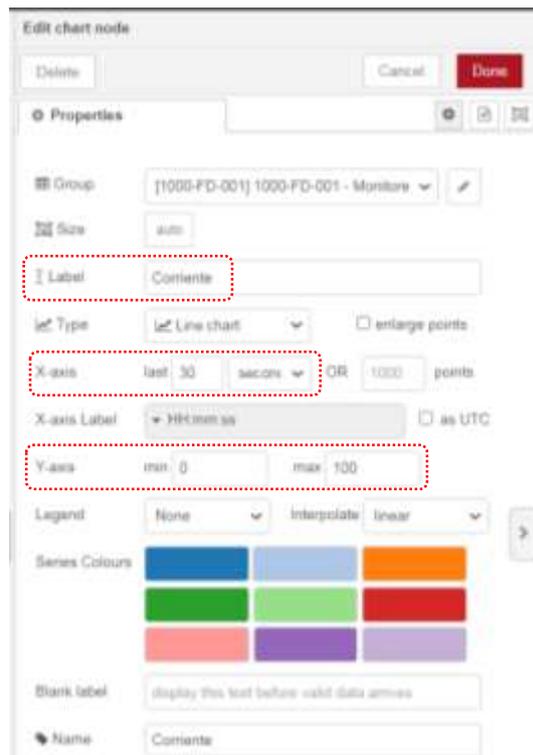


Figura 24 Configuración de Nodo Chart.

3.2.7. Nodo: Augmented Operator Variable

El nodo “Augmented Operator Variable” mostrado en la Figura 25 se utiliza para realizar la transferencia de una variable del Node RED hacia una variable reconocida por el EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime.



Figura 25 Nodo Augmented Operator Variable.

Las configuraciones realizadas en este nodo son de asignación de un nombre de la variable, y el tipo de dato, como se muestra en la Figura 26.

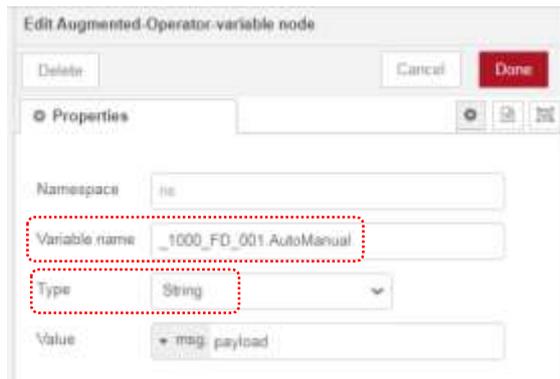


Figura 26 Configuración de Nodo Augmented Operator Variable.

3.2.8. Nodo: Link Out

El nodo “Link Out” mostrado en la Figura 27 se utiliza para agrupar los datos de una hoja de flujo y transferirlo hacia otra hoja de flujo.

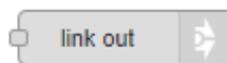


Figura 27 Nodo Link Out.

Las configuraciones realizadas en este nodo son de asignación de un nombre del nodo y seleccionar a que hoja de flujo va conectarse, como se muestra en la Figura 28.

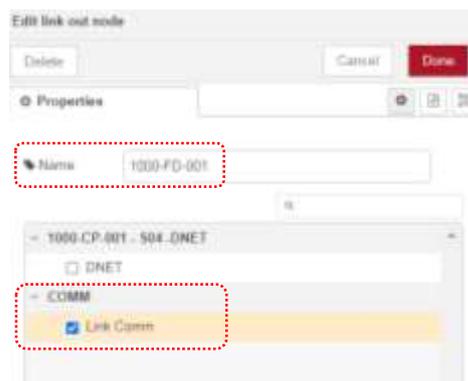


Figura 28 Configuración de Nodo Link Out.

3.2.9. Hoja de Flujo de Alimentador Vibratorio 1

La hoja de flujo del Alimentador Vibratorio 1 contiene todos los datos leídos del PLC de control y luego los agrupa para poder ser visualizados en la aplicación piloto de realidad aumentada, como se muestra en la Figura 29.



Figura 29 Hoja de Flujo de Alimentador Vibratorio 1.

Los grupos de datos que contiene esta hoja de flujo son los estados del equipo, velocidad de referencia, velocidad feedback, interlocks y fallas.

3.2.10. Hoja de Flujo de Faja 1

La hoja de flujo de la Faja 1 contiene todos los datos leídos del PLC de control y luego los agrupa para poder ser visualizados en la aplicación piloto de realidad aumentada, como se muestra en la Figura 30.

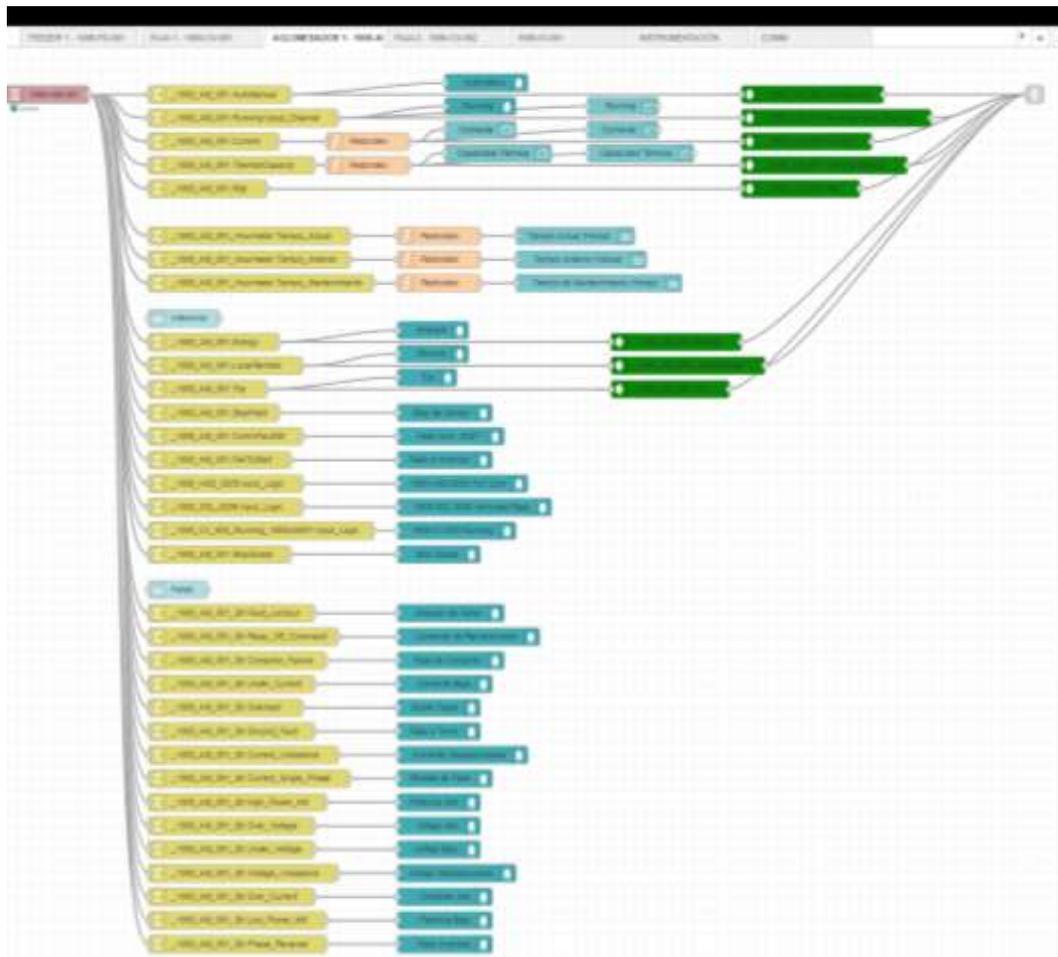


Figura 31 Hoja de Flujo de Aglomerador 1.

Los grupos de datos que contiene esta hoja de flujo son los estados del equipo, corriente, capacidad térmica, interlocks y fallas.

3.2.12. Hoja de Flujo de Faja 2

La hoja de flujo de la Faja 2 contiene todos los datos leídos del PLC de control y luego los agrupa para poder ser visualizados en la aplicación piloto de realidad aumentada, como se muestra en la Figura 32.

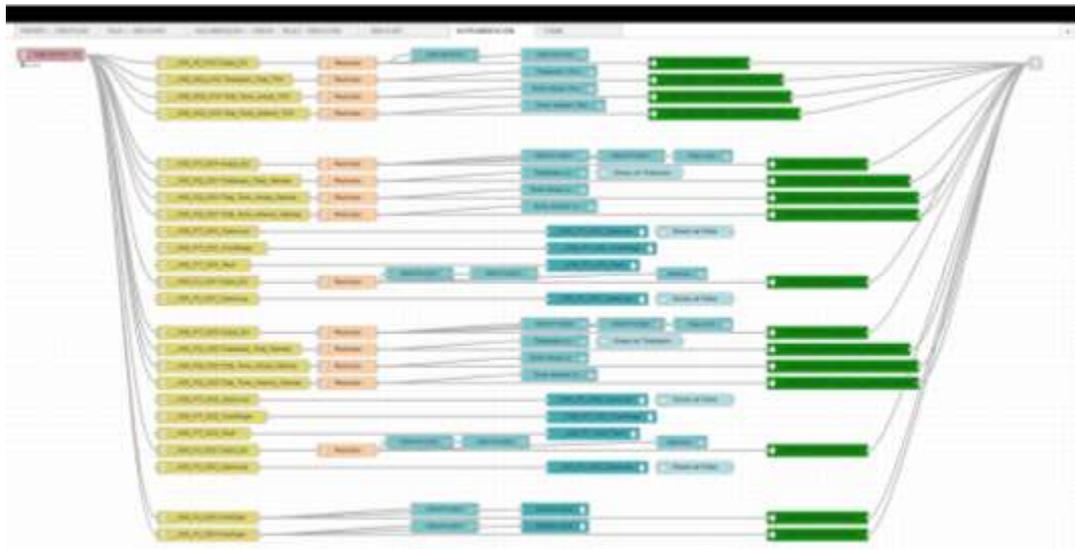


Figura 33 Hoja de Flujo de Instrumentación.

Los grupos de datos que contiene esta hoja de flujo son los correspondientes a flujómetros y válvulas.

En el caso de los flujómetros se encuentra el valor actual, el valor de totalizado, el valor equivalente en corriente, el estado de falla. Por otro lado las válvulas tienen el porcentaje de apertura o estado de abierto o cerrado y el estado de falla.

3.2.14. Hoja de Flujo de Comunicación

La hoja de flujo de Comunicación contiene todos los datos leídos desde las otras hojas de flujo para poder centralizarlas en el nodo que envía todos los datos al EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime, como se muestra en la Figura 34.



Figura 34 Hoja de Flujo de Comunicación.

3.3. DISEÑO DE LA REALIDAD AUMENTADA CON ECOSTRUXURE AUGMENTED OPERATOR ADVISOR BUILDER

Como primer paso se crea un proyecto el cual va contener todas las escenas referentes a la aplicación piloto de realidad aumentada.

La Figura 35 muestra el entorno web del software Ecostruxure Augmented Operator Advisor Builder.

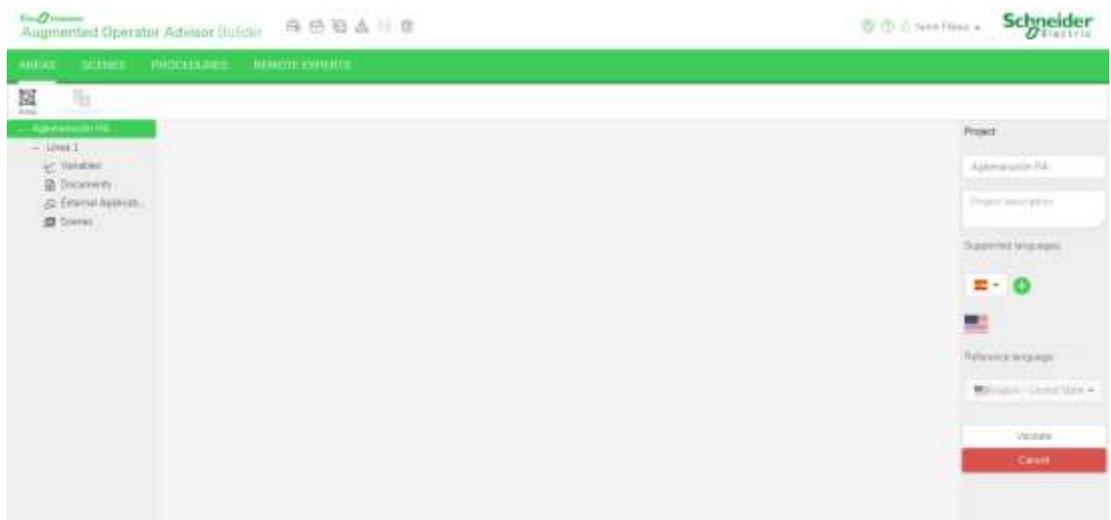


Figura 35 Proyecto de Realidad Aumentada.

3.3.1. Configuración de Variables

En configuración de variables se configuró y listó todas las variables de la aplicación piloto que están relacionadas con el PLC, esto nos permitirá visualizar valores en tiempo real y dar animación a los objetos dentro de la aplicación piloto de realidad aumentada, la configuración se muestra en la Figura 36.

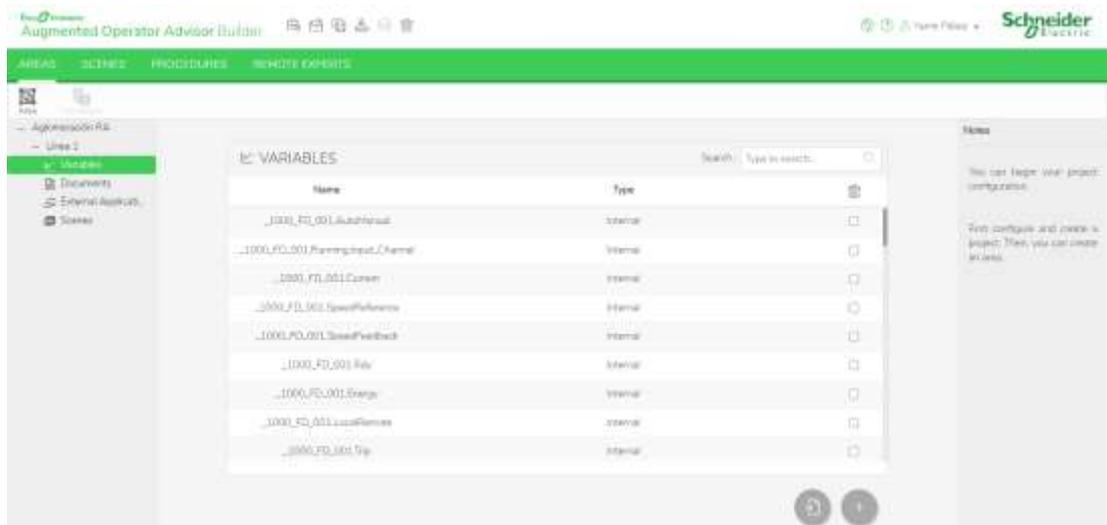


Figura 36 Configuración de Variables.

Estos tags son los mismos que están configurados en Node RED los cuales leen los datos del PLC de control.

El total de tags configurados se muestran en la Tabla 2:

EQUIPO	VARIABLE
1000-FD-001 ALIMENTADOR VIBRATORIO 1	_1000_FD_001.AutoManual
	_1000_FD_001.Running.Input_Channel
	_1000_FD_001.Current
	_1000_FD_001.SpeedReference
	_1000_FD_001.SpeedFeedback
	_1000_FD_001.Rdy
	_1000_FD_001.Energy
	_1000_FD_001.LocalRemote
1000-CV-001 FAJA 1	_1000_FD_001.Trip
	_1000_CV_001.AutoManual
	_1000_CV_001.Running.Input_Channel
	_1000_CV_001.Current
	_1000_CV_001.ThermalCapacity
	_1000_CV_001.Rdy
	_1000_CV_001.Energy
	_1000_CV_001.LocalRemote
1000-AM-001 AGLOMERADOR 1	_1000_CV_001.Trip
	_1000_AM_001.AutoManual
	_1000_AM_001.Running.Input_Channel
	_1000_AM_001.Current
	_1000_AM_001.ThermalCapacity
_1000_AM_001.Rdy	

EQUIPO	VARIABLE
	_1000_AM_001.Energy
	_1000_AM_001.LocalRemote
	_1000_AM_001.Trip
1000-CV-002 FAJA 2	_1000_CV_002.AutoManual
	_1000_CV_002.Running.Input_Channel
	_1000_CV_002.Current
	_1000_CV_002.ThermalCapacity
	_1000_CV_002.Rdy
	_1000_CV_002.Energy
	_1000_CV_002.LocalRemote
1000-FIT-001	_1000_CV_002.Trip
	_1000_FIT_0201.Output_EU
	_1000_FQI_0201.Totalizador_Total_Galones
	_1000_FQI_0201.Total_Turno_Actual_Galones
	_1000_FQI_0201.Total_Turno_Anterior_Galones
	_1000_FIT_0201_OpenLoop
1000-FV-001	_1000_FIT_0201_OverRange
	_1000_FIT_0201_Fault
1000-FIT-002	_1000_FV_0201.Output_EU
	_1000_FV_0201_OpenLoop
	_1000_FIT_0202.Output_EU
	_1000_FQI_0202.Totalizador_Total_Galones
	_1000_FQI_0202.Total_Turno_Actual_Galones
	_1000_FQI_0202.Total_Turno_Anterior_Galones
	_1000_FIT_0202_OpenLoop
1000-FV-002	_1000_FIT_0202_OverRange
	_1000_FIT_0202_Fault
1000-FV-003	_1000_FV_0202.Output_EU
	_1000_FV_0202_OpenLoop
1000-FV-004	_1000_FV_0203.CmdOpen
1000-FV-004	_1000_FV_0204.CmdOpen

Tabla 2 Listado de Tags de Variables Configurados.

3.3.2. Configuración de Documentos

En configuración de documentos se configuró los manuales y planos a cada uno de los equipos e instrumentos, estos estarán disponibles cuando la aplicación se ejecute en el celular para cada una de las escenas desarrolladas, la configuración se muestra en la Figura 37.

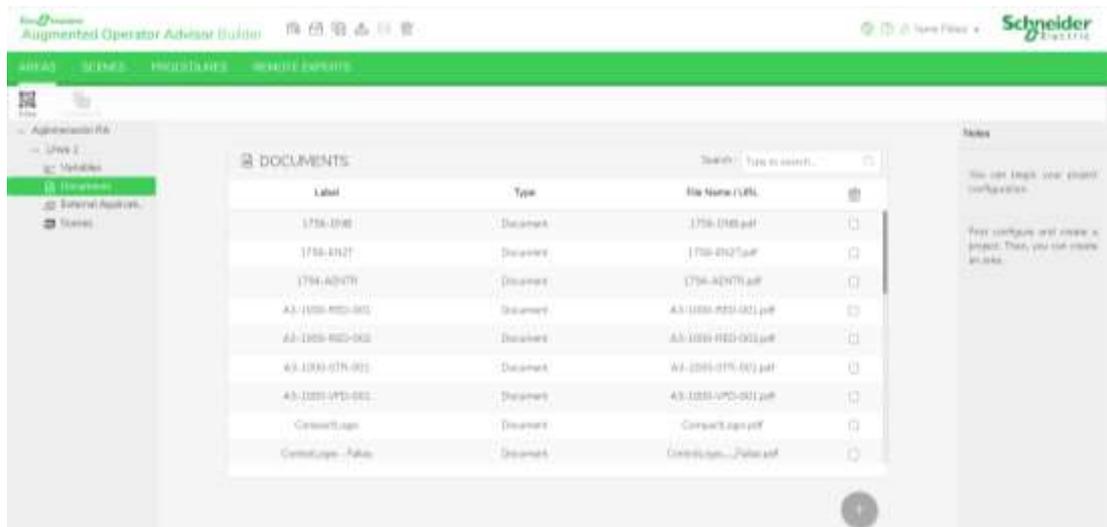


Figura 37 Configuración de Documentos.

3.3.3. Configuración de Aplicaciones Externas

En aplicaciones externas se configuró los enlaces de los dashboard de Node RED para el monitoreo de datos de los equipos e instrumentos, como se muestra en la Figura 38.

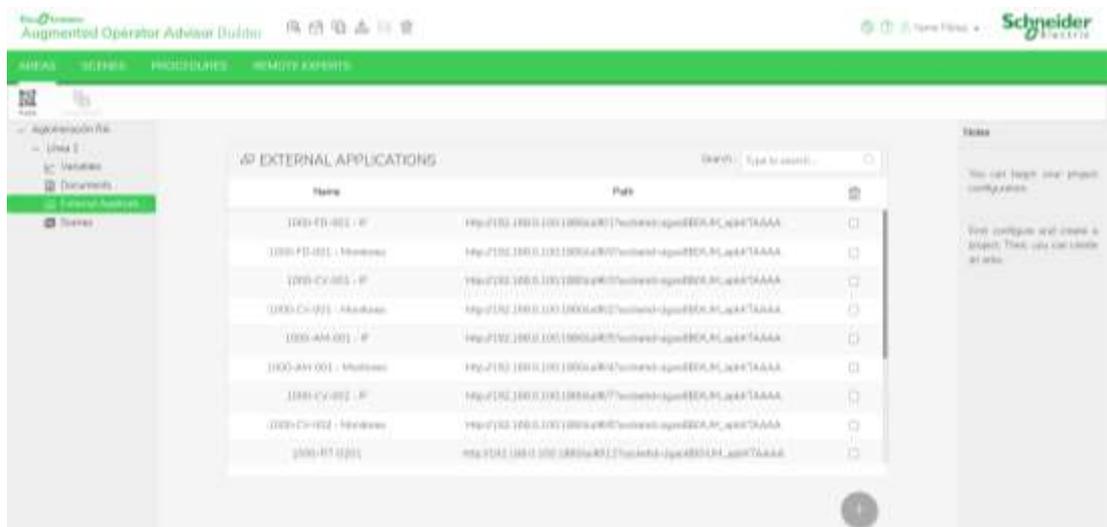


Figura 38 Configuración de Aplicaciones Externas.

3.3.4. Configuración de Escenas

En escenas se configuró los nombres de las escenas y las fotos o imágenes relacionadas a ellas, como se muestra en la Figura 39.

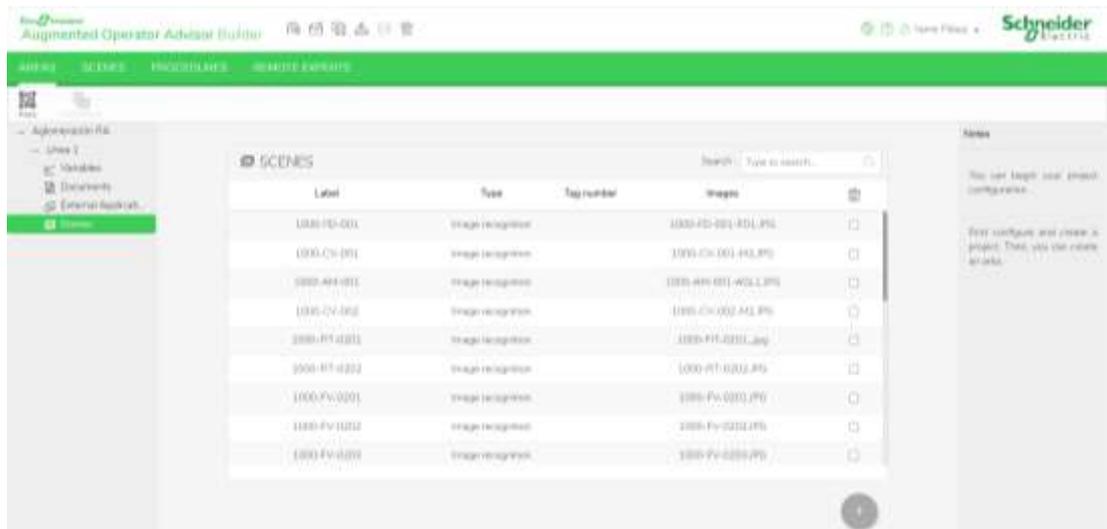


Figura 39 Configuración de Escenas.

3.3.4.1. Escena 1000-FD-001

La Figura 40 muestra la escena de vista general del Alimentador Vibratorio 1, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y dos puntos de interés que contienen información del mismo.



Figura 40 Escena 1000-FD-001.

La Tabla 3 muestra el significado de cada uno de los indicadores de estado del equipo.

INDICADOR	DESCRIPCIÓN
	Etiqueta de equipo
	Estado de equipo funcionando
	Estado de equipo detenido
	Estado de equipo no listo para arrancar
	Estado de alarma d
	Estado de equipo en falla
	Punto de interés

Tabla 3 Descripción de Indicadores de Estado.

En general estos indicadores se van a utilizar para todos los equipos.

Existen dos puntos de interés en esta escena, como se muestran en las Figura 40. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

El punto de interés 1 muestra información referente a la velocidad de referencia, feedback, estado de running del equipo, estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 41.

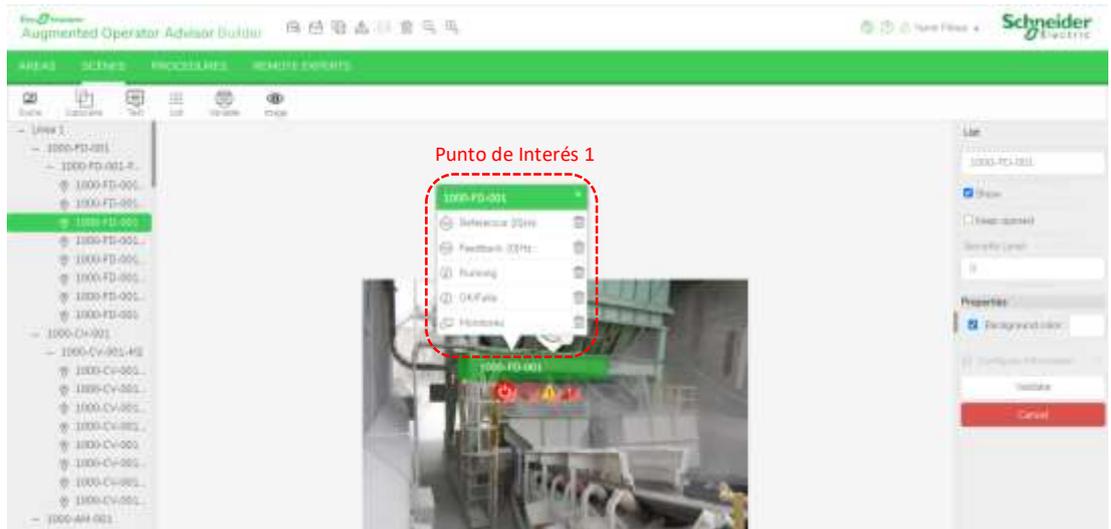


Figura 41 Punto de Interés 1 de Escena 1000-FD-001.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 42 muestra este dashboard.

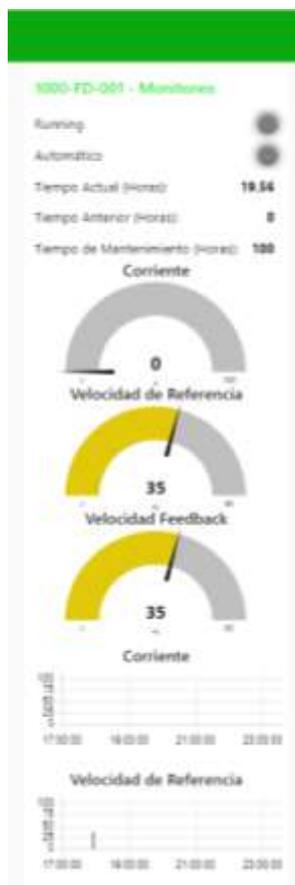


Figura 42 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FD-001.

El punto de interés 2 nos mostrará información referente al acceso de listado de interlocks y fallas, planos P&ID y plano eléctrico del equipo, como se muestra en la Figura 43.

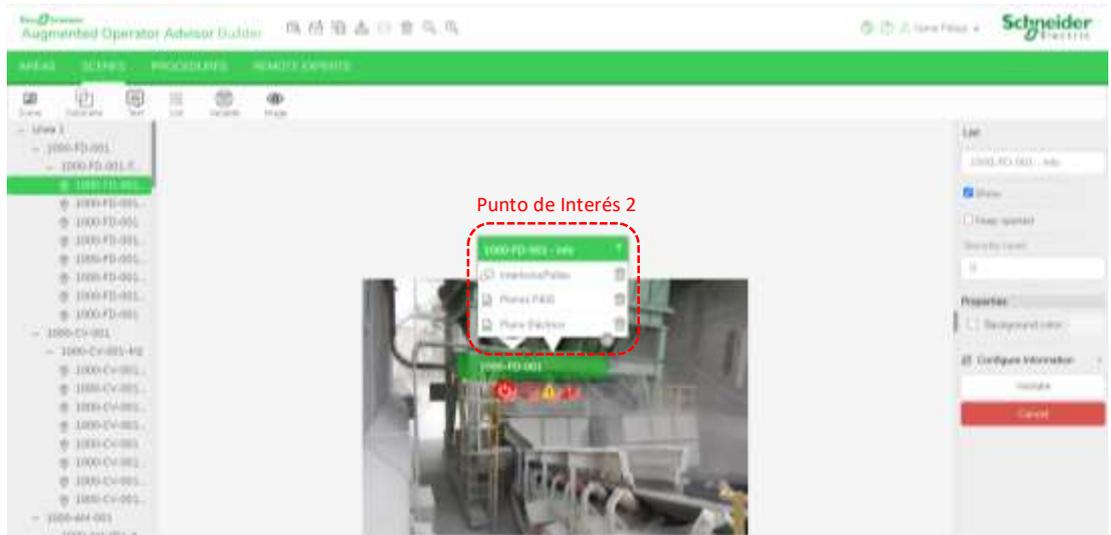


Figura 43 Punto de Interés 2 de Escena 1000-FD-001.

Ingresando a Interlocks/Fallas se podrá visualizar un dashboard de Node RED, este contiene información sobre los interlocks y fallas del equipo en tiempo real, esto permitirá al personal de mantenimiento dar solución rápida a los problemas de este equipo. La Figura 44 muestra este dashboard.

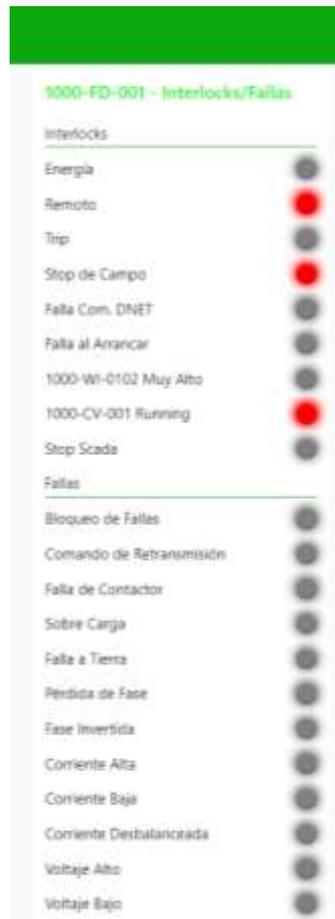


Figura 44 Interlocks y Fallas de Escena 1000-FD-001.

3.3.4.2. Escena 1000-CV-001

La Figura 45 muestra la escena de vista general del motor de la faja 1, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y dos puntos de interés que contienen información del mismo.

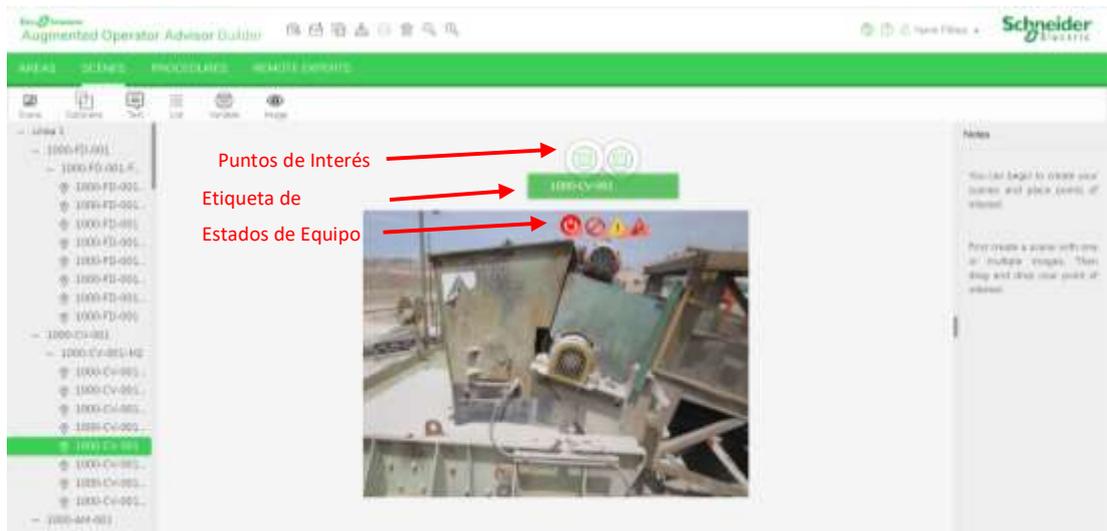


Figura 45 Escena 1000-CV-001.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existen dos puntos de interés en esta escena, como se muestran en las Figura 45.

Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

El punto de interés 1 nos mostrará información referente a la corriente, capacidad térmica, estado de running del equipo, estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 46.



Figura 46 Punto de Interés 1 de Escena 1000-CV-001.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 47 muestra este dashboard.



Figura 47 Monitoreo de Variables de Escena 1000-CV-001.

El punto de interés 2 nos mostrará información referente al acceso de listado de interlocks y fallas, planos P&ID y plano eléctrico del equipo, como se muestra en la Figura 48.

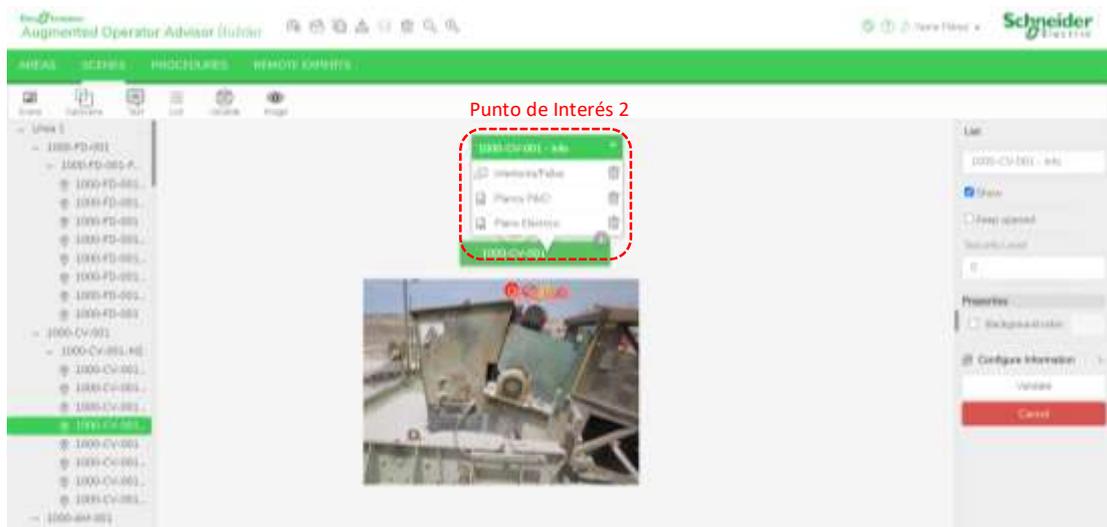


Figura 48 Punto de Interés 2 de Escena 1000-CV-001.

Ingresando a Interlocks/Fallas se podrá visualizar un dashboard de Node RED, este contiene información sobre los interlocks y fallas del equipo en tiempo real, esto permitirá al personal de mantenimiento dar solución rápida a los problemas de este equipo. La Figura 49 muestra este dashboard.



Figura 49 Interlocks y fallas de Escena 1000-CV-001.

3.3.4.3. Escena 1000-AM-001

La Figura 50 muestra la escena de vista general del motor del aglomerador 1, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y dos puntos de interés que contienen información del mismo.

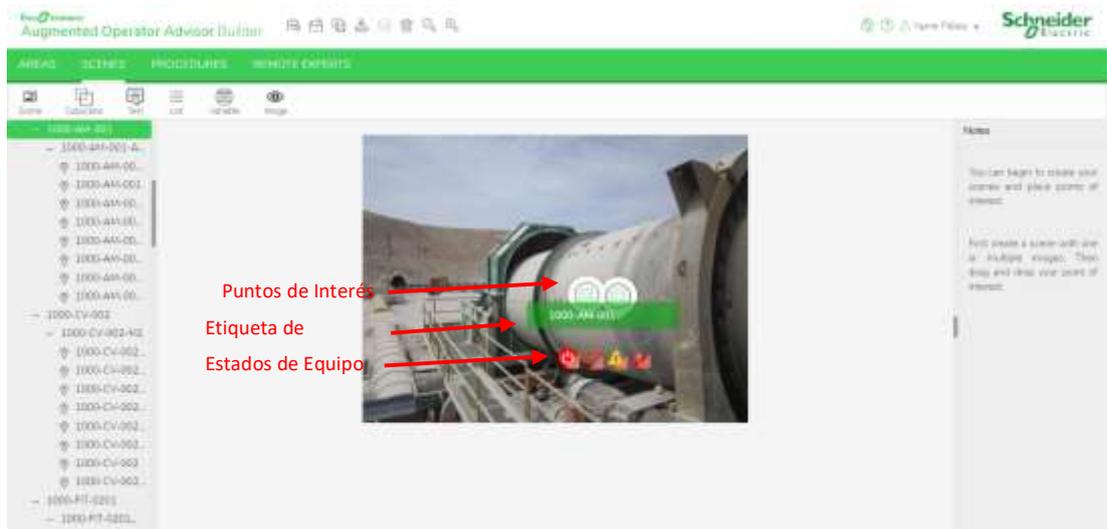


Figura 50 Escena 1000-AM-001.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existen dos puntos de interés en esta escena, como se muestran en las Figura 50.

Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

El punto de interés 1 nos mostrará información referente a la corriente, capacidad térmica, estado de running del equipo, estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 51.



Figura 51 Punto de Interés 1 de Escena 1000-AM-001.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 52 muestra este dashboard.

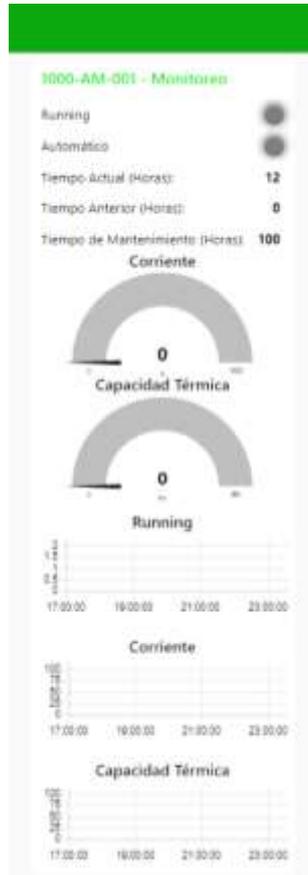


Figura 52 Monitoreo de Variables de Escena 1000-AM-001.

El punto de interés 2 nos mostrará información referente al acceso de listado de interlocks y fallas, planos P&ID y plano eléctrico del equipo, como se muestra en la Figura 53.



Figura 53 Punto de Interés 2 de Escena 1000-AM-001.

Ingresando a Interlocks/Fallas se podrá visualizar un dashboard de Node RED, este contiene información sobre los interlocks y fallas del equipo en tiempo real, esto permitirá al personal de mantenimiento dar solución rápida a los problemas de este equipo. La Figura 54 muestra este dashboard.

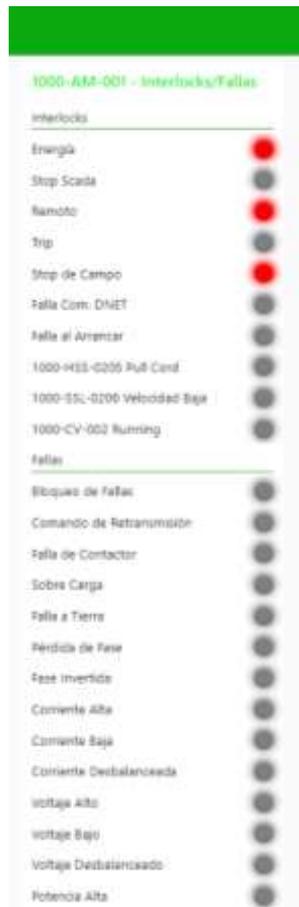


Figura 54 Interlocks y Fallas de Escena 1000-AM-001.

3.3.4.4. Escena 1000-CV-002

La Figura 55 muestra la escena de vista general del motor de la faja 2, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y dos puntos de interés que contienen información del mismo.

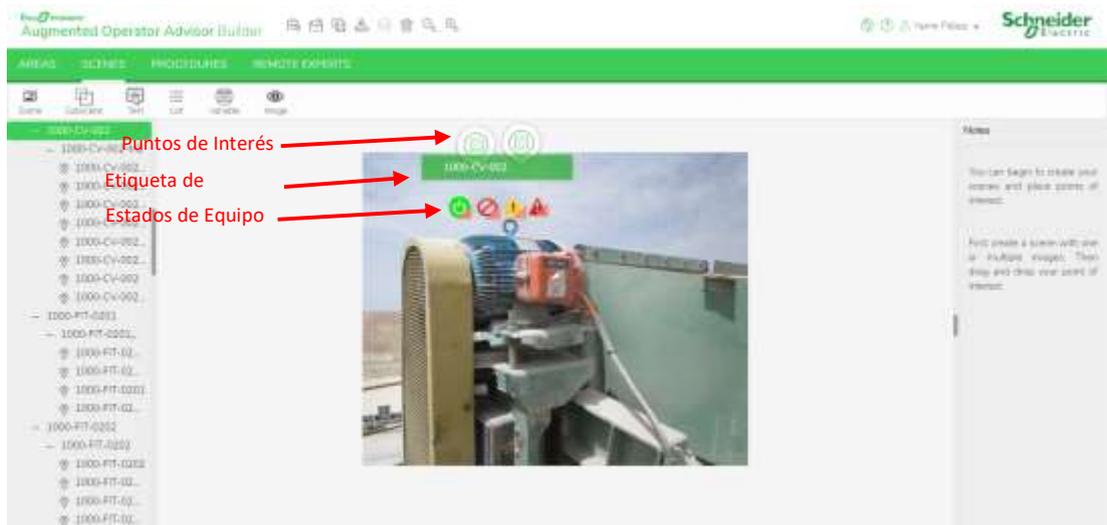


Figura 55 Escena 1000-CV-002.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existen dos puntos de interés en esta escena, como se muestran en las Figura 55. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

El punto de interés 1 nos mostrará información referente a la corriente, capacidad térmica, estado de running del equipo, estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 56.



Figura 56 Punto de Interés 1 de Escena 1000-CV-002.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 57 muestra este dashboard.

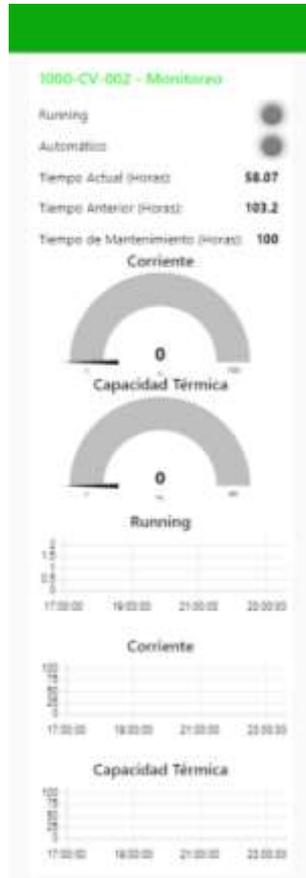


Figura 57 Monitoreo de Variables de Escena 1000-CV-002.

El punto de interés 2 nos mostrará información referente al acceso de listado de interlocks y fallas, planos P&ID y plano eléctrico del equipo, como se muestra en la Figura 58.



Figura 58 Punto de Interés 2 de Escena 1000-CV-002.

Ingresando a Interlocks/Fallas se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información sobre los interlocks y fallas del equipo en tiempo real. La Figura 59 muestra este dashboard.

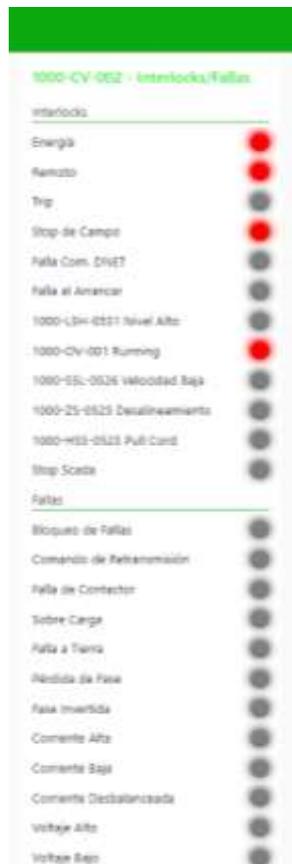


Figura 59 Interlocks y Fallas de Escena 1000-CV-002.



Figura 61 Punto de Interés de Escena 1000-FIT-001.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 62 muestra este dashboard.



Figura 62 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FIT-001.

3.3.4.6. Escena 1000-FIT-002

Esta escena pertenece a una vista general del flujómetro 1000-FIT-002, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un puntos de interés que contiene información del mismo.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existe un punto de interés en esta escena, como se muestra en la Figura 63. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.



Figura 63 Escena 1000-FIT-002.

El punto de interés nos mostrará información referente al flujo real, estado de falla, acceso a monitoreo de variables, planos P&ID y manual, como se muestra en la Figura 64.



Figura 64 Punto de Interés de Escena 1000-FIT-002.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 65 muestra este dashboard.



Figura 65 Monitoreo de Variables de Escena 1000-FIT-002.

3.3.4.7. Escena 1000-FV-001

Esta escena pertenece a una vista general de la válvula proporcional 1000-FV-001, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un puntos de interés que contiene información del mismo.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existe un punto de interés en esta escena, como se muestra en la Figura 66. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

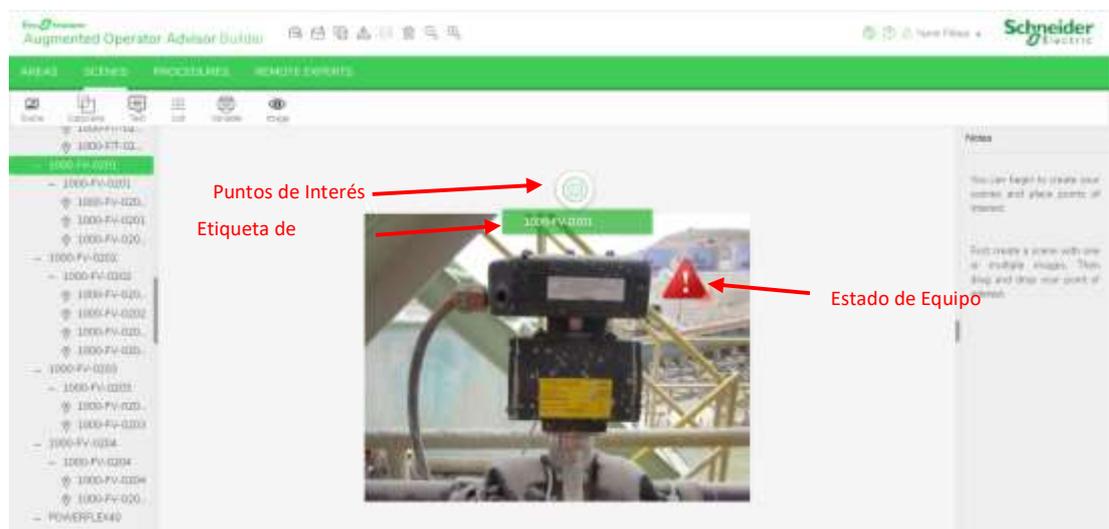


Figura 66 Escena 1000-FV-001.

El punto de interés nos mostrará información referente al porcentaje de apertura, estado de falla, acceso a monitoreo de variables, planos P&ID y manual, como se muestra en la Figura 67.



Figura 67 Punto de Interés de Escena 1000-FV-001.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 68 muestra este dashboard.



Figura 68 Monitoreo de Escena 1000-FV-001.

3.3.4.8. Escena 1000-FV-002

Esta escena pertenece a una vista general de la válvula proporcional 1000-FV-002, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un puntos de interés que contiene información del mismo.

La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existe un punto de interés en esta escena, como se muestra en la Figura 69. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.



Figura 69 Escena 1000-FV-002.

El punto de interés nos mostrará información referente al porcentaje de apertura, estado de falla, acceso a monitoreo de variables, planos P&ID y manual, como se muestra en la Figura 70.



Figura 70 Punto de Interés de Escena 1000-FV-002.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 71 muestra este dashboard.



Figura 71 Monitoreo de Escena 1000-FV-002.

3.3.4.9. Escena 1000-FV-003

Esta escena pertenece a una vista general de la válvula on-off 1000-FV-003, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un puntos de interés que contiene información del mismo. La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existe un punto de interés en esta escena, como se muestra en la Figura 72. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.



Figura 72 Escena 1000-FV-003.

El punto de interés nos mostrará información referente al estado de apertura o cierre, estado de falla, acceso a monitoreo de variables, planos P&ID y manual, como se muestra en la Figura 73.



Figura 73 Punto de Interés de Escena 1000-FV-003.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 74 muestra este dashboard.



Figura 74 Monitoreo de Escena 1000-FV-003.

3.3.4.10. Escena 1000-FV-004

Esta escena pertenece a una vista general de la válvula on-off 1000-FV-004, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un puntos de interés que contiene información del mismo. La descripción de los estados del equipo se muestra en la Tabla 3.

Existe un punto de interés en esta escena, como se muestra en la Figura 75. Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

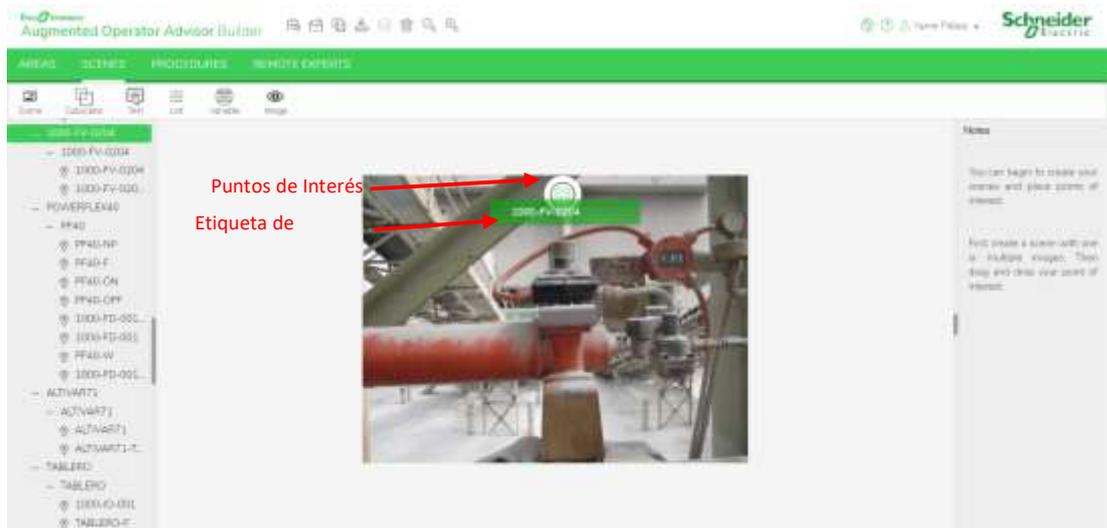


Figura 75 Escena 1000-FV-004.

El punto de interés nos mostrará información referente al estado de apertura o cierre, estado de falla, acceso a monitoreo de variables, planos P&ID y manual, como se muestra en la Figura 76.

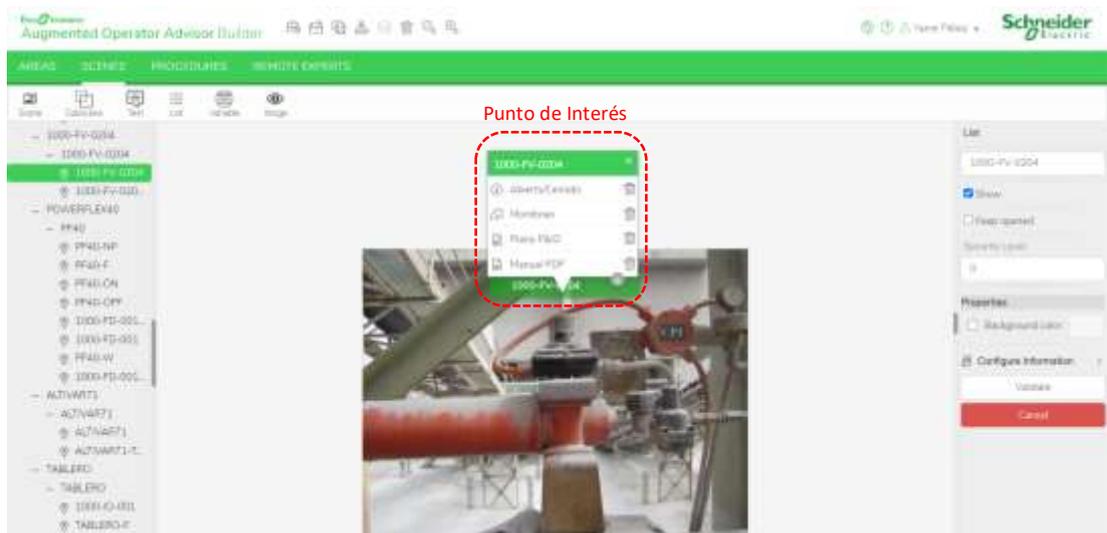


Figura 76 Punto de Interés de Escena 1000-FV-004.

Ingresando a Monitoreo se podrá visualizar un dashboard de Node RED que contiene información del equipo en tiempo real. La Figura 77 muestra este dashboard.



Figura 77 Monitoreo de Escena 1000-FV-001.

3.4. DISEÑO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LOS MÓDULOS DE PRUEBA

La aplicación piloto de realidad aumentada para los módulos fue hecha para verificar la configuración, conexión y funcionamiento de la aplicación piloto.

A continuación se detalla el diseño de las escenas de los módulos.

3.4.1. Escena Módulo AB

Esta escena pertenece a una vista del módulo AB, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y un punto de interés que contienen información del mismo, como muestra la Figura 78.

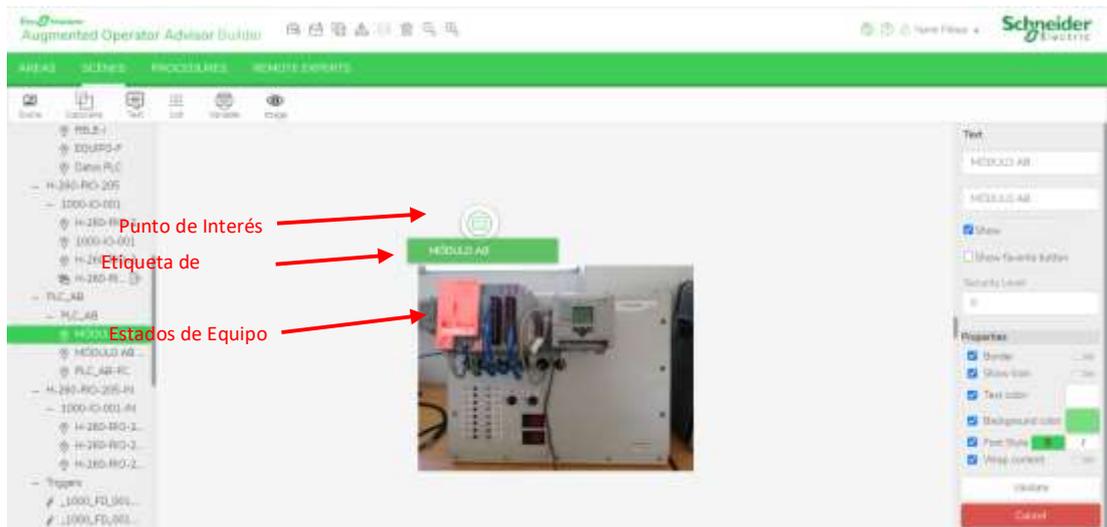


Figura 78 Escena Módulo AB.

El punto de interés nos mostrará información referente al estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 79.



Figura 79 Punto de Interés de Escena Módulo AB.

3.4.2. Escena Módulo PowerFlex 40

Esta escena pertenece a una vista del módulo PowerFlex 40, en esta vista podemos observar algunos objetos que nos indican el estado del equipo, la etiqueta del equipo y dos puntos de interés que contienen información del mismo.

La Tabla 3 muestra el significado de cada uno de los indicadores de estado del equipo.

Existen dos puntos de interés en esta escena, como se muestran en las Figura 80.



Figura 80 Escena Módulo PowerFlex 40.

Cada vez que se presiona en el punto de interés se mostrará una lista con variables y accesos a documentos, planos y monitoreo de variables.

El punto de interés 1 nos mostrará información referente a la velocidad de referencia, feedback, estado de running del equipo, estado de falla y acceso a monitoreo de variables, como se muestra en la Figura 81.



Figura 81 Punto de Interés 1 de Escena Módulo PowerFlex 40.

El punto de interés 2 nos mostrará información referente al acceso de listado de interlocks y fallas, planos P&ID y plano eléctrico del equipo, como se muestra en la Figura 82.



Figura 82 Punto de Interés 2 de Escena Módulo PowerFlex 40.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DE VALIDACIÓN

Una vez terminado el diseño de la aplicación piloto de realidad aumentada, se procedió a realizar las pruebas de validación de la configuración, conexión y del funcionamiento de la misma.

Debido al contexto de pandemia mundial que se vive actualmente no se pudieron realizar pruebas de la aplicación piloto de realidad aumentada en la planta de aglomeración debido a que está restringido el acceso a la planta.

Para darle validez al funcionamiento de la aplicación se simuló las condiciones en las cuales sería implementada. Para esto se utilizó un módulo de prueba AB que contiene un PLC de prueba, este PLC es un CompactLogix de la marca Allen Bradley al cual se le descargó el programa de la Planta de Aglomeración de Cobre. Se usó una laptop que simuló la estación de operación en la cual se instaló la aplicación en FactoryTalk View del sistema de control y monitoreo, también se le instaló el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor Runtime para ejecutar la aplicación de realidad aumentada diseñada y Node RED para integrar los tags del PLC.

Se utilizó un modem para la conexión WiFi entre la laptop y el celular. En el celular se instaló EcoStruxure Augmented Operator Advisor App y se le configuró para poder cargar la aplicación piloto de realidad aumentada y poder observar a través de su cámara las escenas diseñadas.

Adicionalmente se uso un módulo de prueba PowerFlex 40 que contiene un variador PowerFlex 40 de la marca Allen Bradley integrado por red Modbus para verificar el reconocimiento de imágenes y funcionamiento de la aplicación piloto.

La arquitectura de red de la prueba se muestra en la Figura 83.



Figura 83 arquitectura de Red para pruebas.

El celular sirvió como visor de las escenas, enfocando la escena correspondiente con la cámara del celular se logró el reconocimiento de la misma. Las escenas se proyectaron en un monitor para poder ser detectadas y reconocidas.

La Figura 84 muestra la pantalla inicial desde el celular para poder ingresar a la aplicación.



Figura 84 Vista desde el celular de la pantalla inicial.

La Figura 85 muestra la pantalla desde el celular para poder cargar a la aplicación.



Figura 85 Vista desde el celular de la pantalla para carga de App.

4.1. PRUEBAS CON IMÁGENES DE LA PLANTA DE AGLOMERACIÓN DE COBRE

Para estas pruebas se utilizó un monitor y un celular con la aplicación de realidad aumentada. En el monitor se visualizó las imágenes referentes a las escenas diseñadas de la Planta de Aglomeración de Cobre y a través de la cámara del celular se realizó el reconocimiento de las escenas, como se muestra en la Figura 86. Con estas imágenes se verificó el correcto reconocimiento de las imágenes de cada una de las escenas y se verificó el funcionamiento de las configuraciones realizadas.



Figura 86 Prueba de celular.

A continuación se muestran fotos de las pruebas realizadas con las imágenes del monitor, las fotos mostradas fueron tomadas con el celular donde se instaló el software Augmented Operator Advisor App.

4.1.1. Prueba de Escena 1000-FD-001

La Figura 87 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FD-001. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

La Figura 87 muestra la vista desde el celular de la Escena 1000-FD-001.

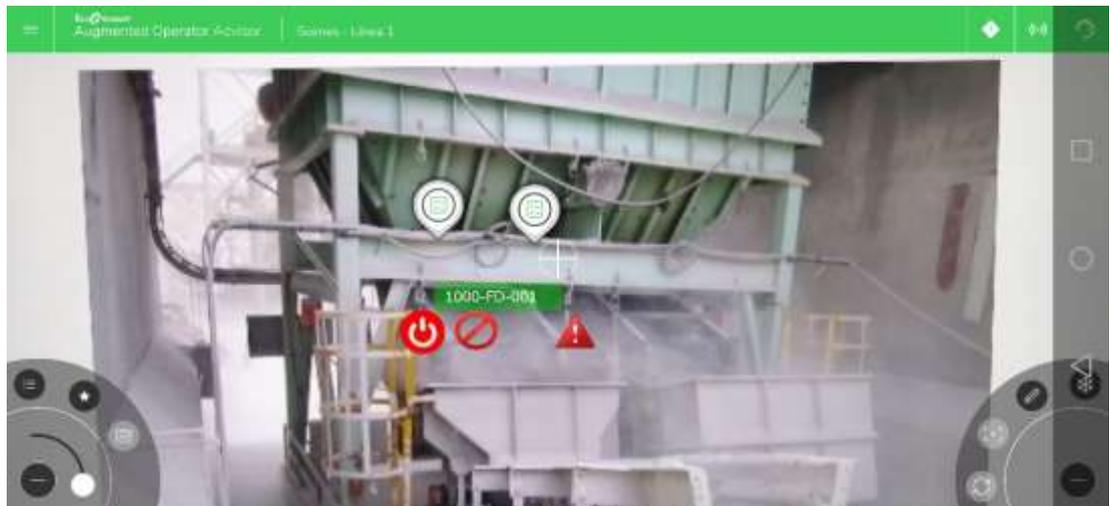


Figura 87 Vista desde el celular de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 88 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-FD-001.



Figura 88 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 89 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-FD-001.

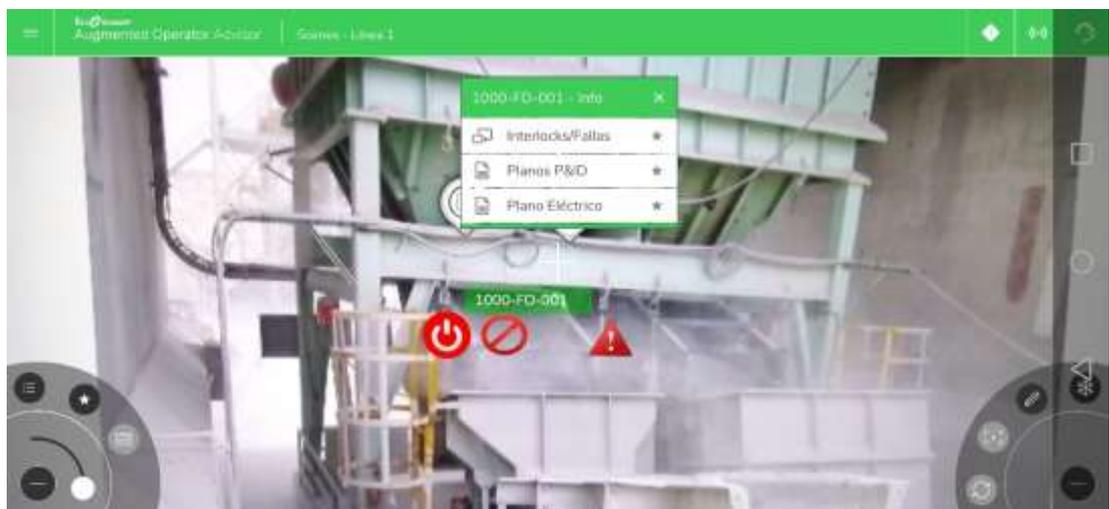


Figura 89 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 90 muestra la vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-FD-001.

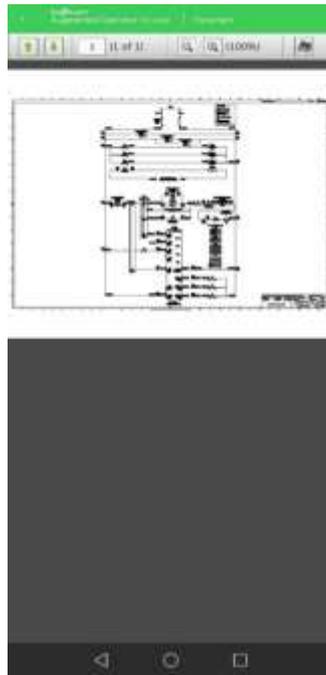


Figura 90 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 91 muestra la vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-FD-001.

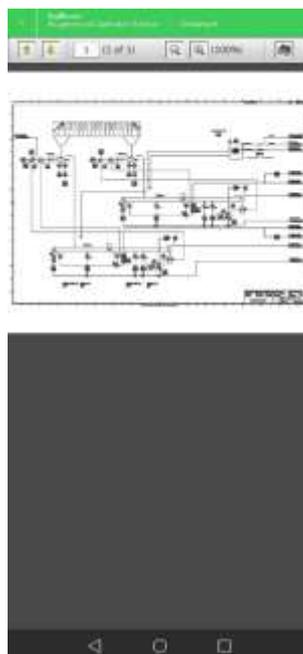


Figura 91 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 92 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FD-001.



Figura 92 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FD-001.

La Figura 93 muestra la vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-FD-001.

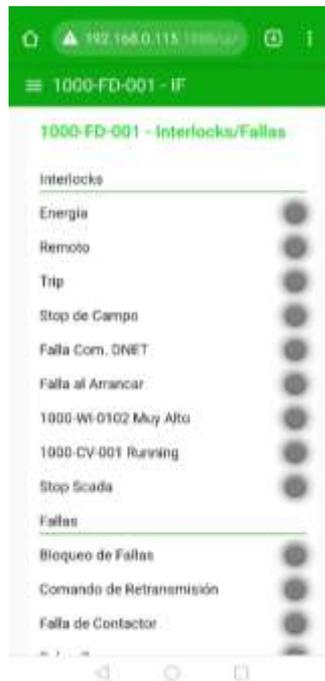


Figura 93 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-FD-001.

4.1.2. Prueba de Escena 1000-CV-001

La Figura 94 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-CV-001. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

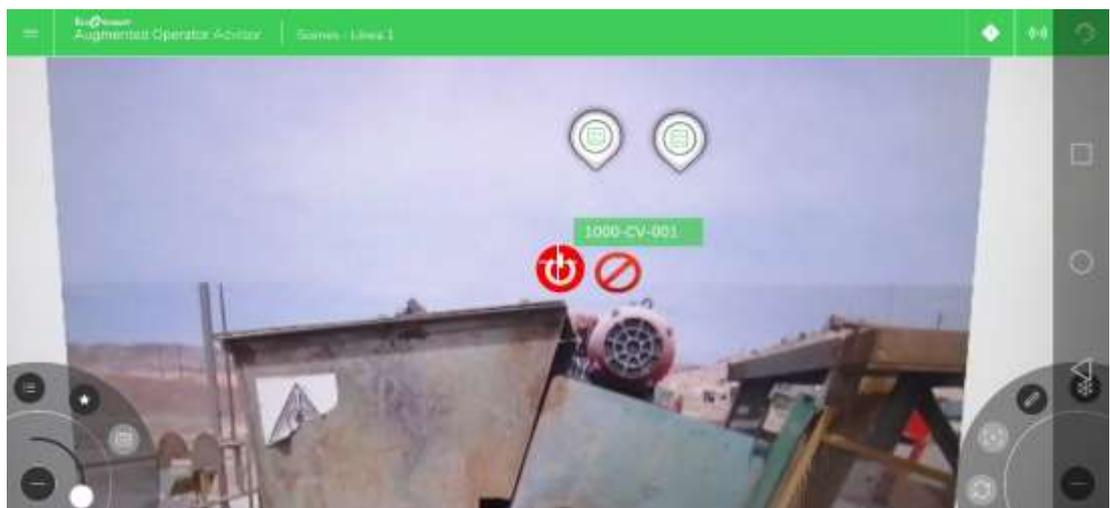


Figura 94 Vista desde el celular de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 95 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-001.

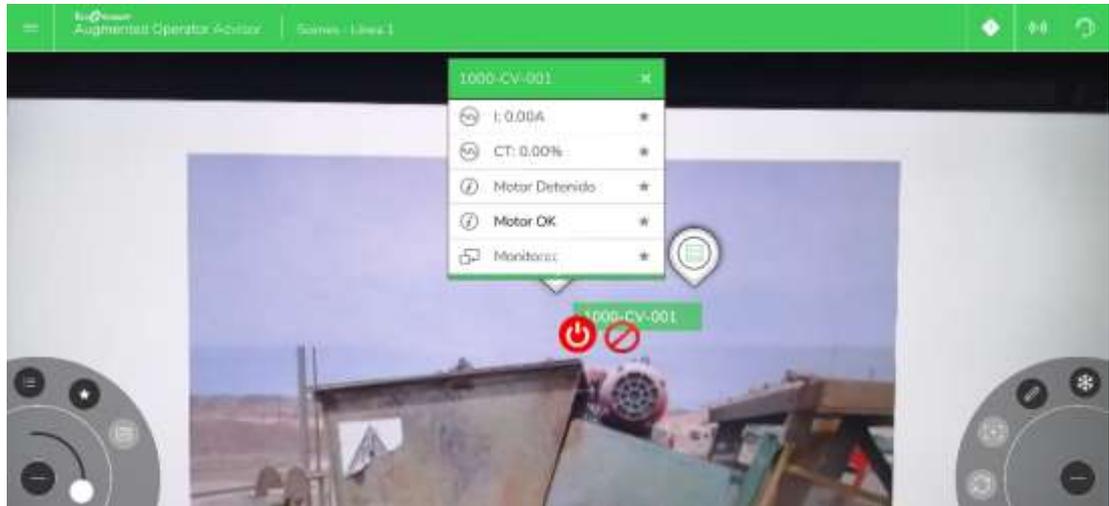


Figura 95 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 96 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-001.

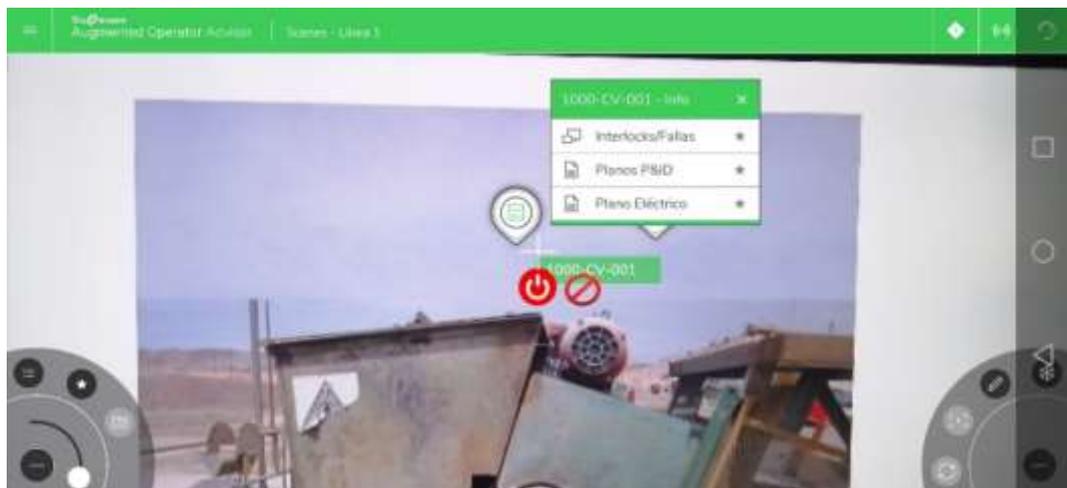


Figura 96 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 97 muestra la vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-001.

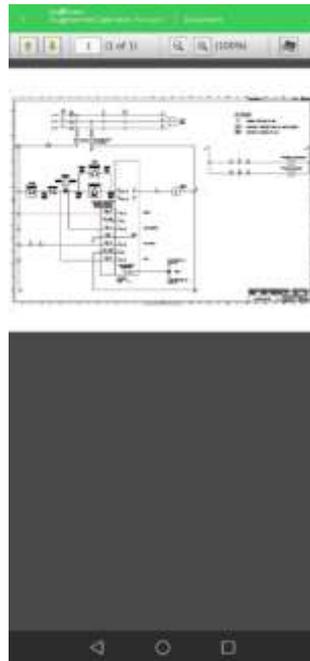


Figura 97 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 98 muestra la vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-001.

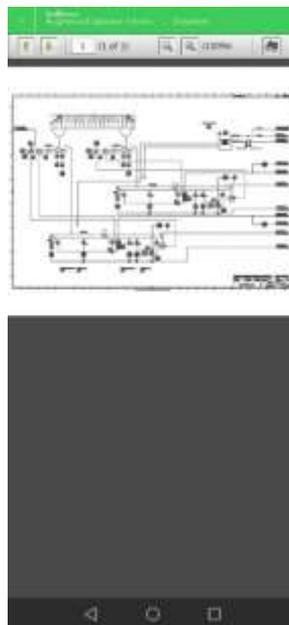


Figura 98 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 99 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-001.



Figura 99 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-001.

La Figura 100 muestra la vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-001.



Figura 100 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-001.

4.1.3. Prueba de Escena 1000-AM-001

La Figura 101 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-AM-001. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

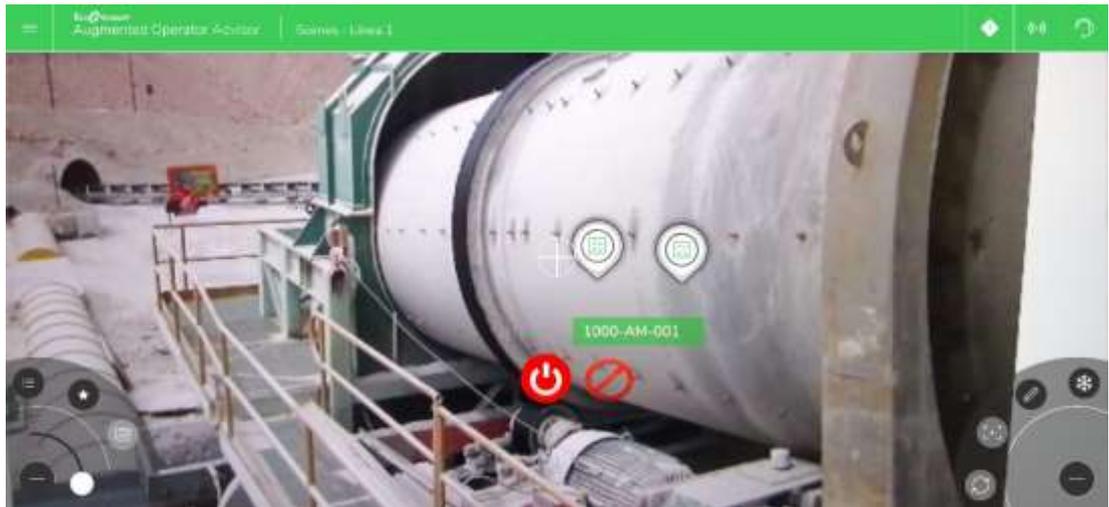


Figura 101 Vista desde el celular de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 102 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-AM-001.

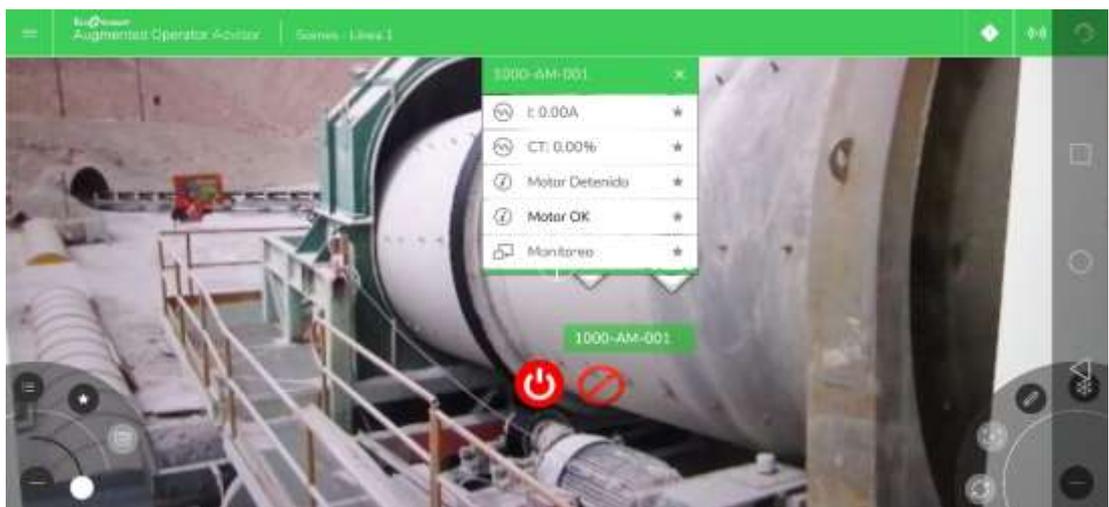


Figura 102 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 103 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-AM-001.

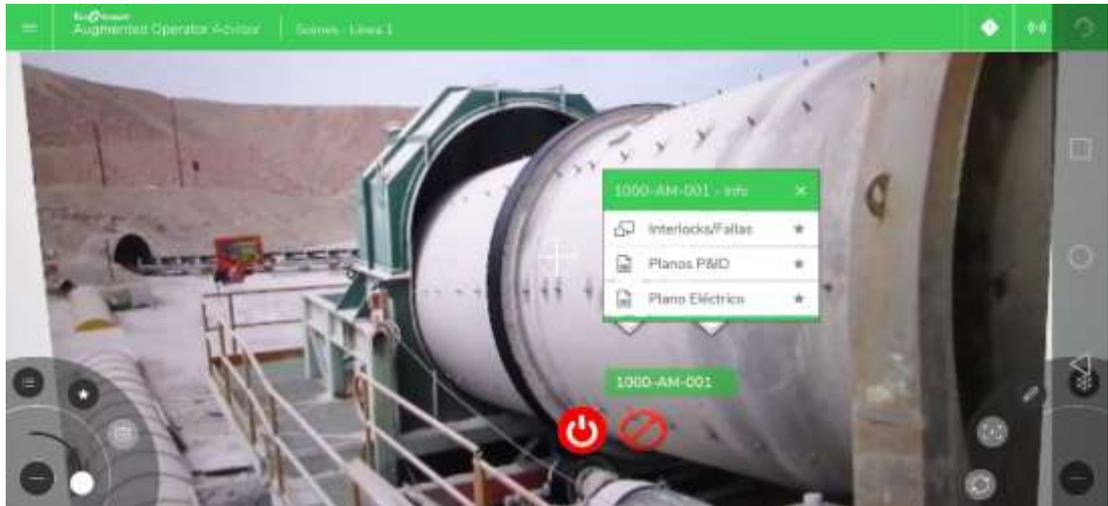


Figura 103 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 104 muestra la vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-AM-001.

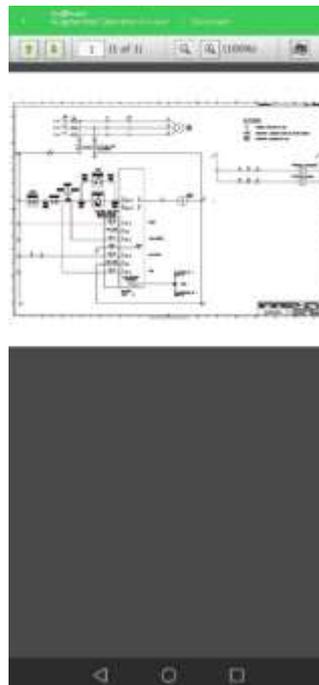


Figura 104 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 105 muestra la vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-AM-001.

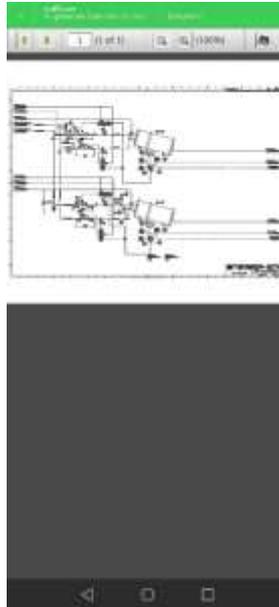


Figura 105 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 106 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-AM-001.



Figura 106 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-AM-001.

La Figura 107 muestra la vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-AM-001.

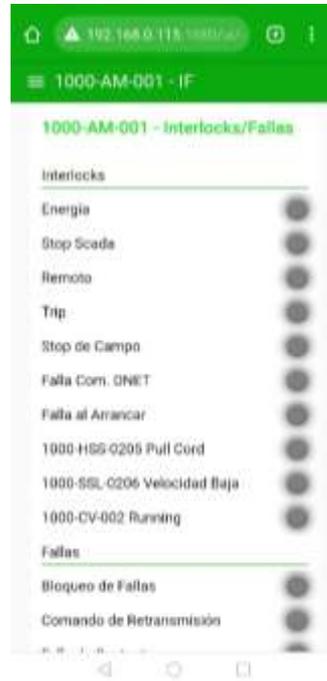


Figura 107 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-AM-001.

4.1.4. Prueba de Escena 1000-CV-002

La Figura 108 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-CV-002. Se verific3 el reconocimiento de la escena, la visualizaci3n de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

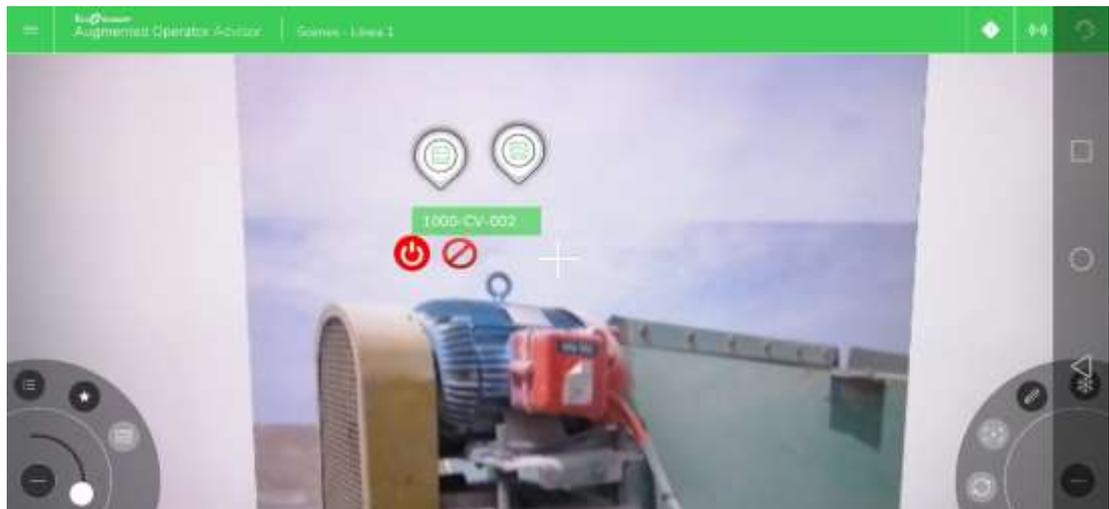


Figura 108 Vista desde el celular de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 109 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-002.

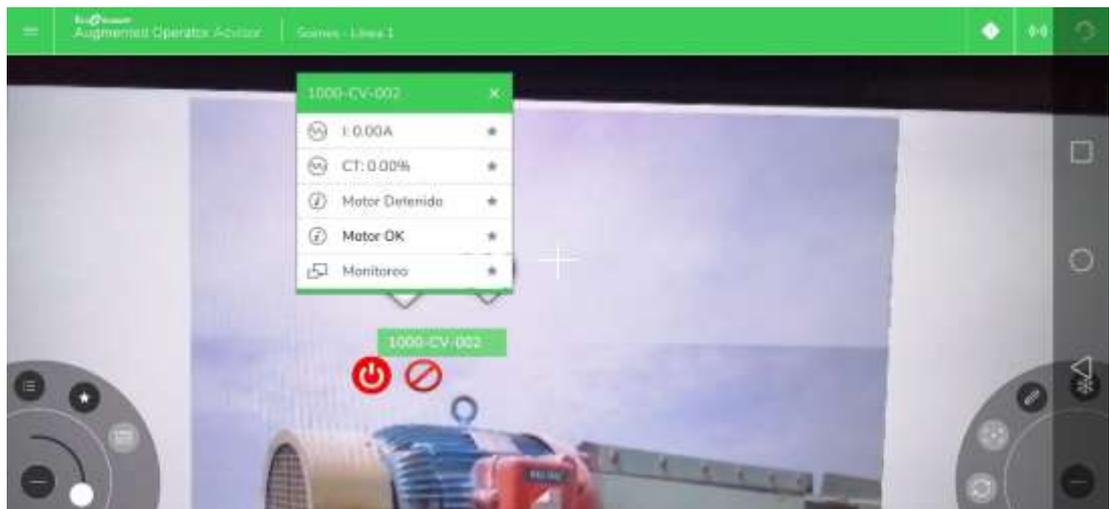


Figura 109 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 110 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-002.

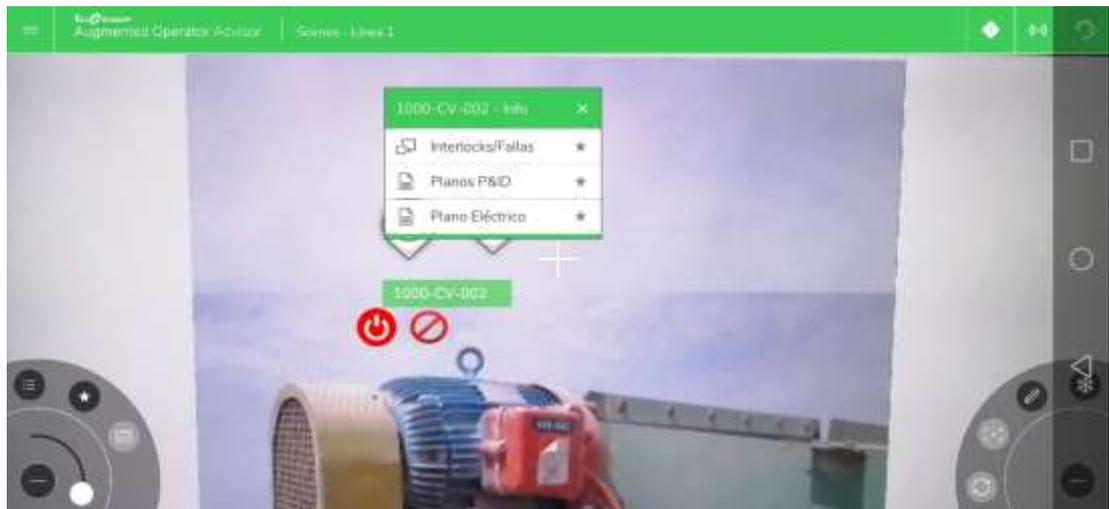


Figura 110 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 111 muestra la vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-002.

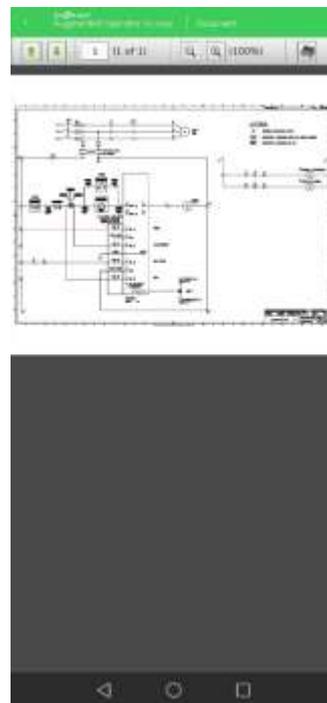


Figura 111 Vista desde el celular del acceso al plano eléctrico del equipo de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 112 muestra la vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-002.

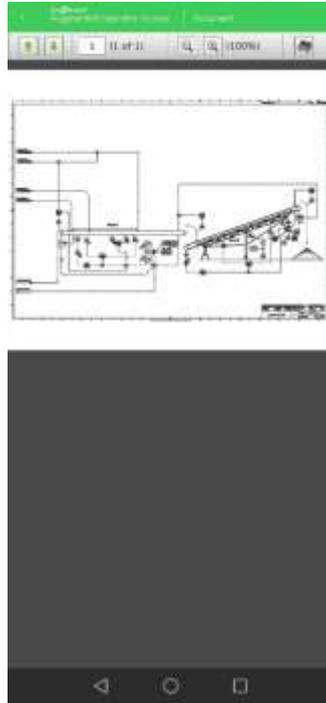


Figura 112 Vista desde el celular del acceso al plano P&ID del equipo de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 113 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-002.



Figura 113 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-CV-002.

La Figura 114 muestra la vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-002.



Figura 114 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena 1000-CV-002.

4.1.5. Prueba de Escena 1000-FIT-001

La Figura 115 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FIT-001. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

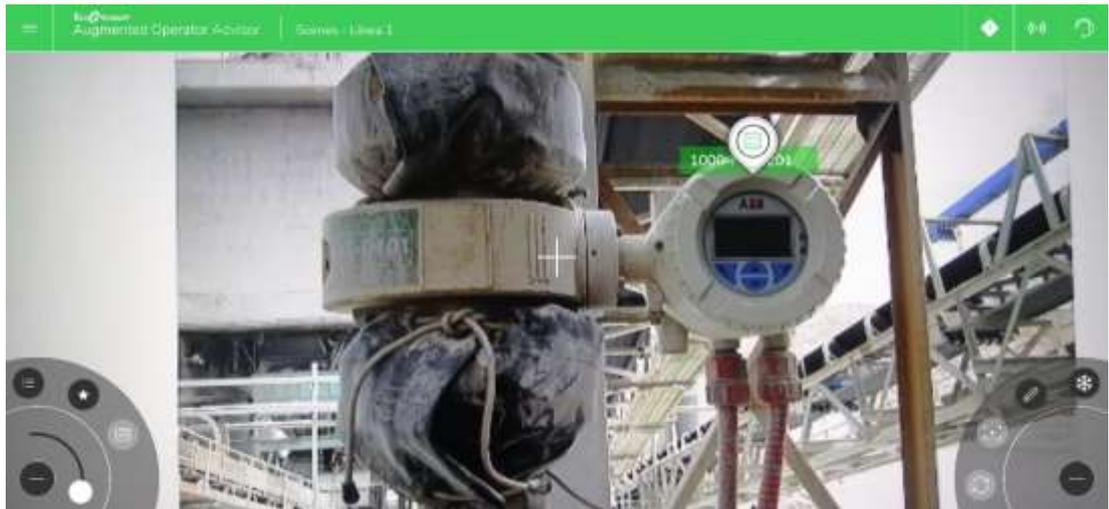


Figura 115 Vista desde el celular de la Escena 1000-FIT-001.

La Figura 116 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-001.

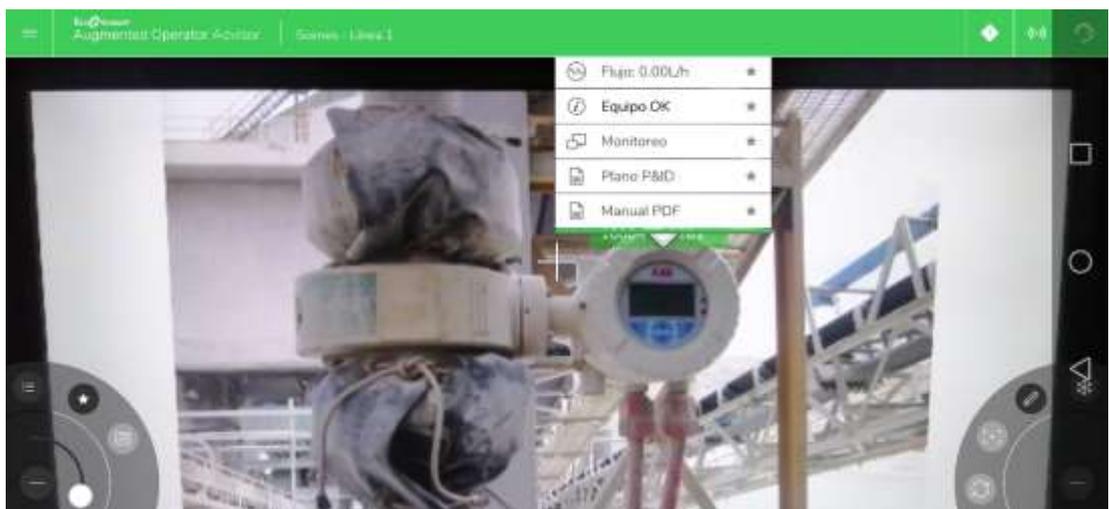


Figura 116 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-001.

La Figura 117 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena1000-FIT-001.



Figura 117 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FIT-001.

La Figura 118 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-001.



Figura 118 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-001.

4.1.6. Prueba de Escena 1000-FIT-002

La Figura 119 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FIT-002. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

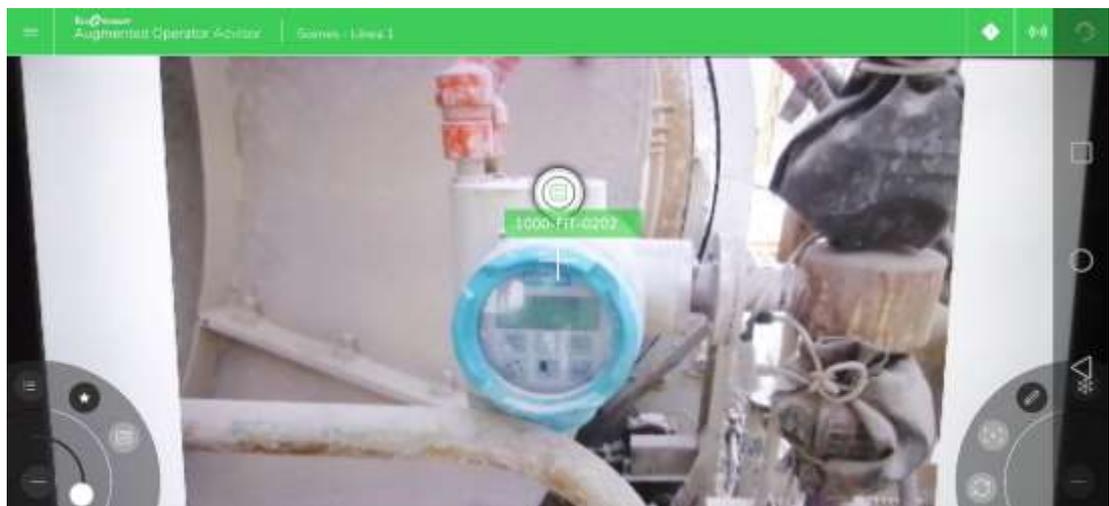


Figura 119 Vista desde el celular de la Escena 1000-FIT-002.

La Figura 120 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-002.

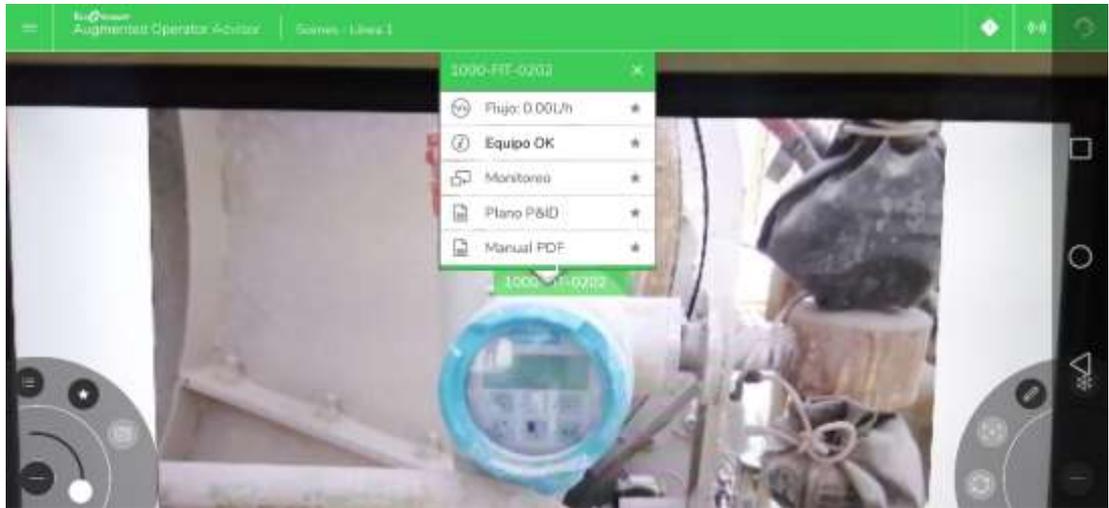


Figura 120 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FIT-002.

La Figura 121 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena1000-FIT-002.



Figura 121 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena1000-FIT-002.

La Figura 122 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-002.



Figura 122 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FIT-002.

4.1.7. Prueba de Escena 1000-FV-001

La Figura 123 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FV-001. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

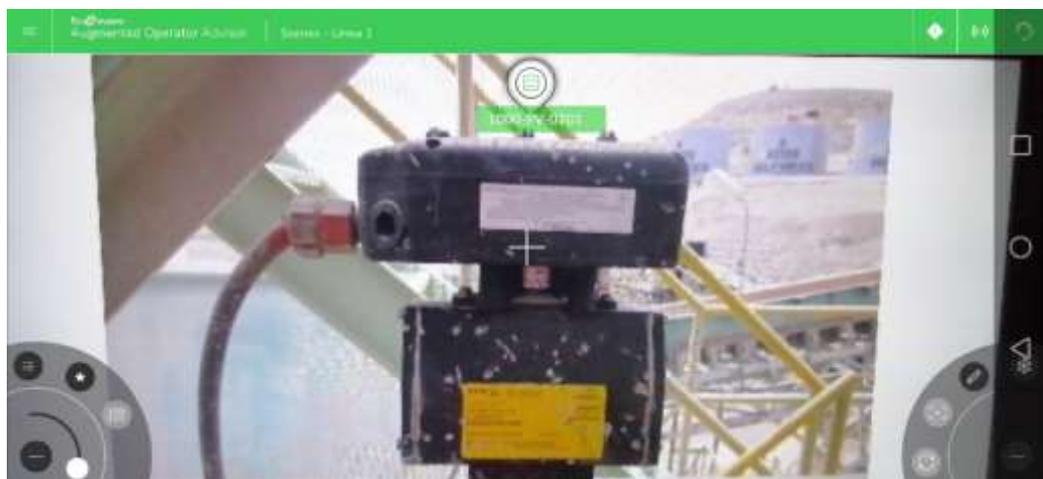


Figura 123 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-001.

La Figura 124 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-001.

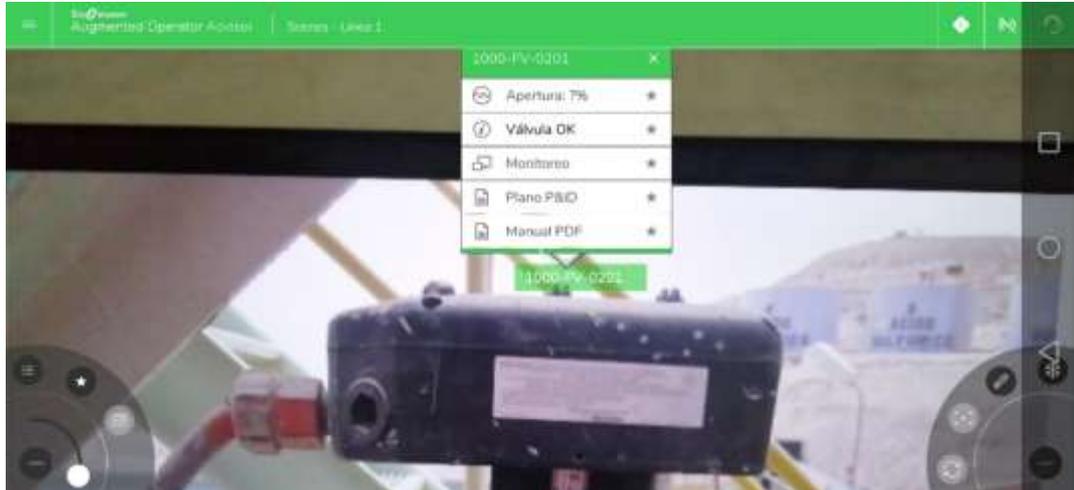


Figura 124 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-001.

La Figura 125 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-001.



Figura 125 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-001.

La Figura 126 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-001.



Figura 126 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-001.

4.1.8. Prueba de Escena 1000-FV-002

La Figura 127 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FV-002. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.



Figura 127 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-002.

La Figura 128 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-002.

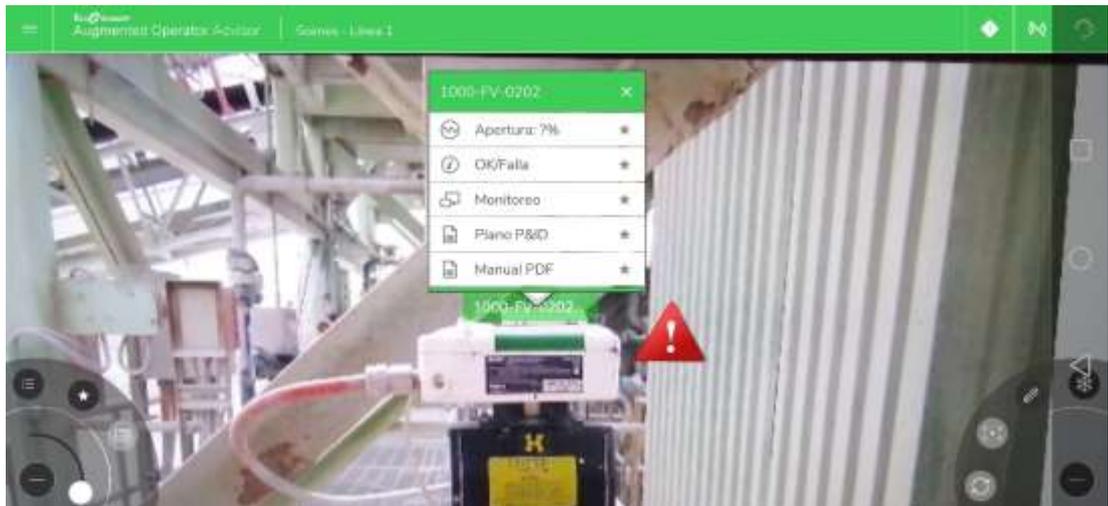


Figura 128 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-002.

La Figura 129 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-002.



Figura 129 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-002.

La Figura 130 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-002.



Figura 130 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-002.

4.1.9. Prueba de Escena 1000-FV-003

La Figura 131 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FV-003. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

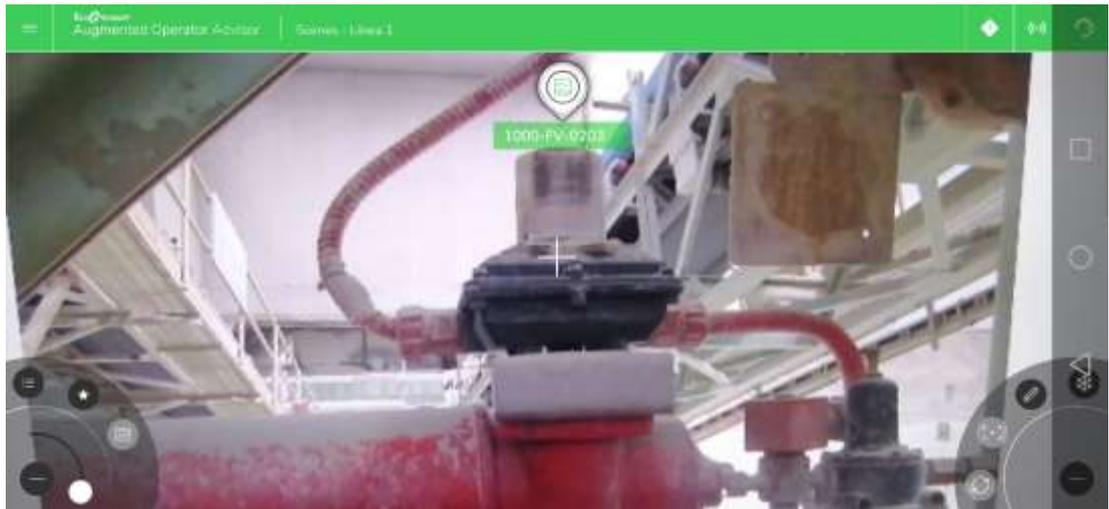


Figura 131 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-003.

La Figura 132 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-003.

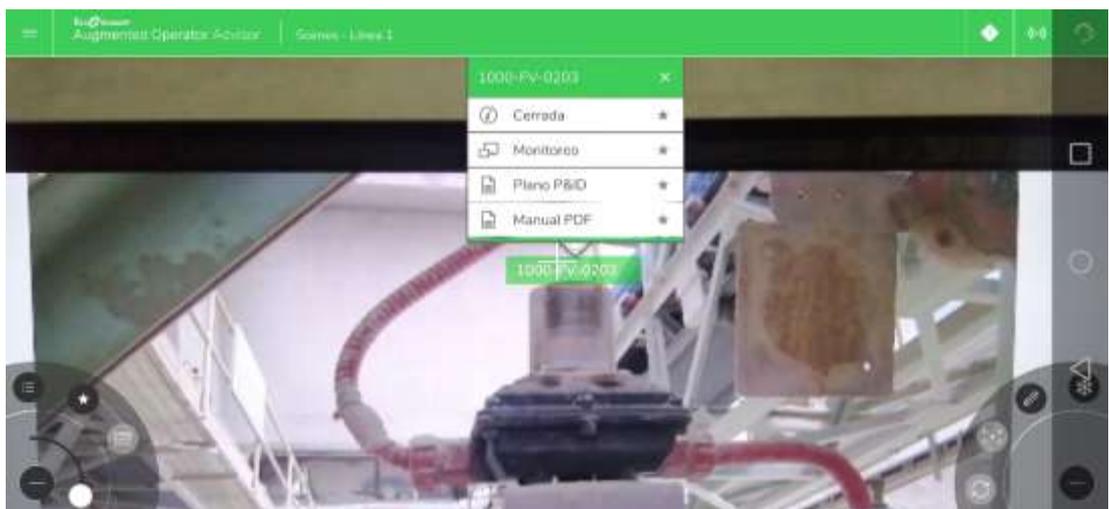


Figura 132 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-003.

La Figura 133 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-003.



Figura 133 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-003.

La Figura 134 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-003.



Figura 134 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-003.

4.1.10. Prueba de Escena 1000-FV-004

La Figura 135 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena 1000-FV-004. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

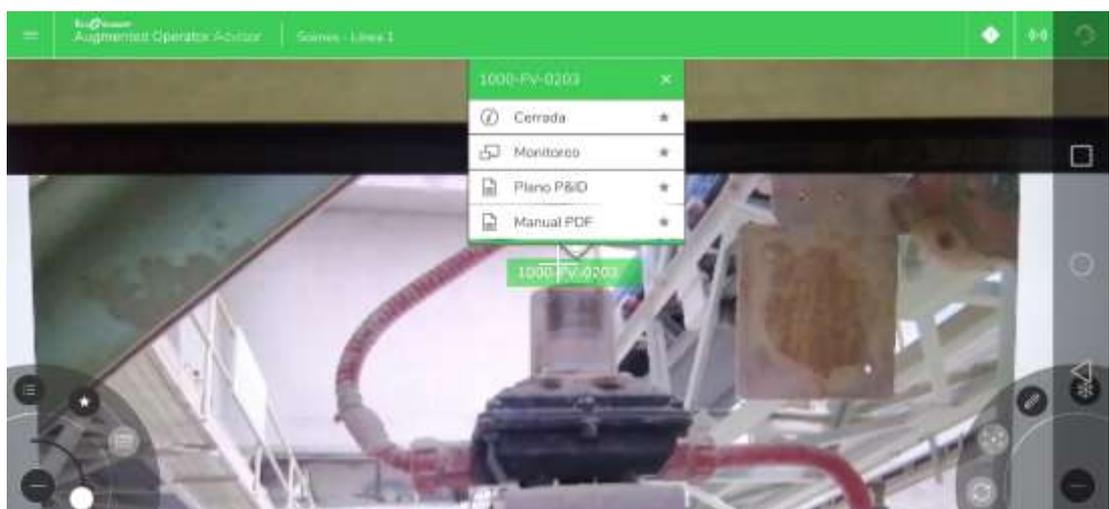


Figura 135 Vista desde el celular de la Escena 1000-FV-004.

La Figura 136 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-004.

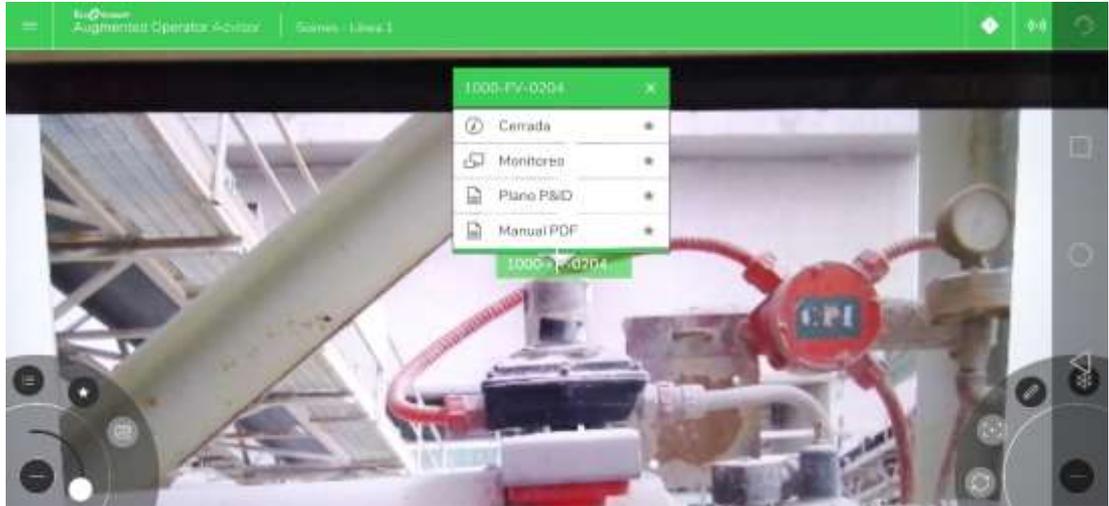


Figura 136 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena 1000-FV-004.

La Figura 137 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-004.



Figura 137 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena 1000-FV-004.

La Figura 138 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-004.



Figura 138 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena 1000-FV-004.

4.2. PRUEBAS CON MÓDULOS

Se utilizaron dos módulos para la verificación del funcionamiento de la aplicación piloto de realidad aumentada, estos son los siguientes:

- Módulo AB.
- Módulo PowerFlex 40.

4.2.1. Prueba con Módulo AB

El módulo AB se muestra en la Figura 139. Este módulo tiene un PLC CompactLogix de la marca Allen Bradley, este muestra toda la información referente al PLC.



Figura 139 Módulo AB.

La Figura 140 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena Módulo AB. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.

La Figura 140 muestra la vista desde el celular de la Escena Módulo AB.



Figura 140 Vista desde el celular de la Escena MÓDULO AB.

La Figura 141 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena Módulo AB.



Figura 141 Vista desde el celular del Punto de Interés de la Escena Módulo AB.

La Figura 142 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo AB.



Figura 142 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo AB.

La Figura 143 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo AB.



Figura 143 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo AB.

4.2.2. Prueba con Módulo PowerFlex 40

El módulo PowerFlex 40 se muestra en la Figura 144. Este módulo contiene un variador PowerFlex 40 de la marca Allen Bradley.



Figura 144 Módulo PowerFlex 40.

La Figura 145 muestra la vista desde el celular de la realidad aumentada de la Escena Módulo PowerFlex 40. Se verificó el reconocimiento de la escena, la visualización de las variables, estados configurados y el acceso a manuales, planos y a dashboard de monitoreo.



Figura 145 Vista desde el celular de la Escena Módulo PowerFlex 40.

La Figura 146 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena Módulo PowerFlex 40.



Figura 146 Vista desde el celular del Punto de Interés 1 de la Escena Módulo PowerFlex 40.

La Figura 147 muestra la vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena Módulo PowerFlex 40.



Figura 147 Vista desde el celular del Punto de Interés 2 de la Escena Módulo PowerFlex 40.

La Figura 148 muestra la vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.



Figura 148 Vista desde el celular del acceso al manual del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.

La Figura 149 muestra la vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.



Figura 149 Vista desde el celular del acceso al Monitoreo de variables del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.

La Figura 150 muestra la vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.

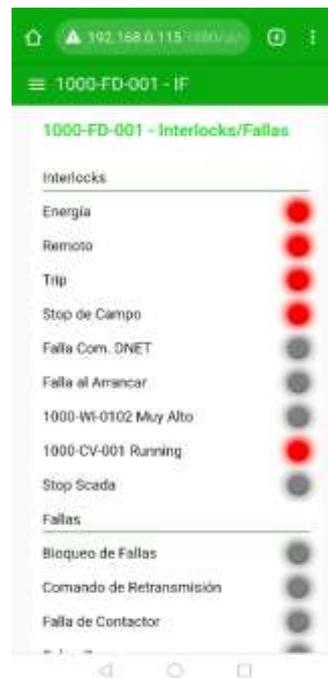


Figura 150 Vista desde el celular del acceso a los interlocks y fallas del equipo de la Escena Módulo PowerFlex 40.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró diseñar una aplicación piloto de realidad aumentada para la línea 1 de la planta de aglomeración de cobre en el software EcoStruxure Augmented Operator Advisor de la marca Schneider que permite al personal de mantenimiento tener mayor información de los equipos e instrumentos en tiempo real y en el sitio para poder solucionar fallas en el menor tiempo posible.
- Se logró diseñar la integración de datos del PLC de control a la aplicación de realidad aumentada a través de Node RED.
- Se logró realizar pruebas de reconocimiento de las escenas de la aplicación piloto de realidad aumentada con imágenes de prueba en un monitor. La prueba del funcionamiento en la planta de aglomeración de cobre no se realizó debido a que el acceso a ella está restringido por la situación de pandemia mundial que se vive actualmente.
- Se logró realizar pruebas de funcionamiento de la aplicación piloto de realidad aumentada con módulos de prueba.

5.2. RECOMENDACIONES

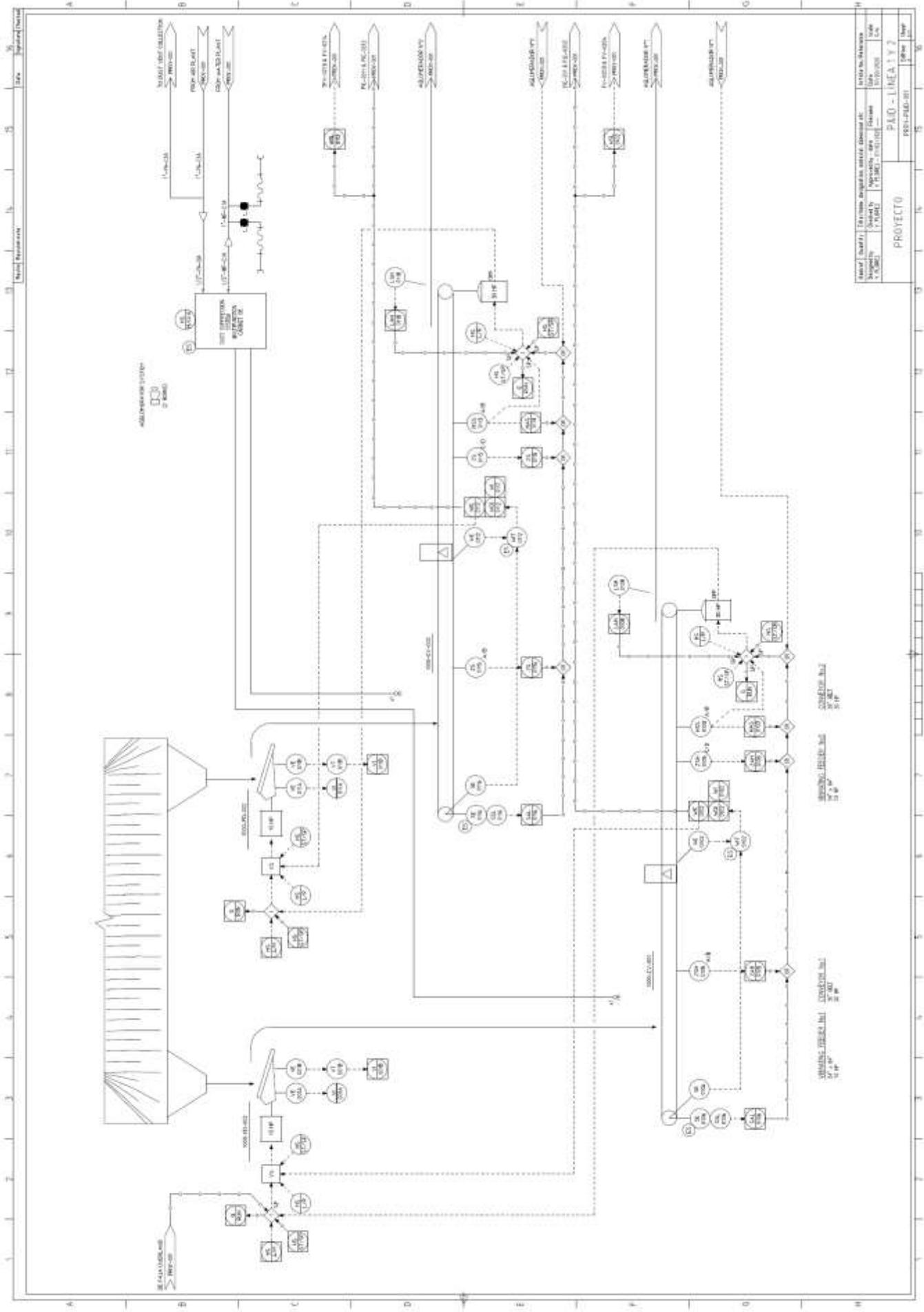
- Se recomienda añadir más imágenes para cada escena que se implemente, esto para favorecer el reconocimiento de la escena en situaciones como cambios en las condiciones de luz o clima.
- Contar con una cobertura de red WiFi estable en todas las áreas donde se encuentren las escenas desarrolladas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bockholt, N. (Mayo de 2017). *Think with Google*. Obtenido de <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/es-es/futuro-del-marketing/nuevas-tecnologias/realidad-virtual-aumentada-mixta-que-significa-inmersion-realmente/>
- Dario, J. (2020). *Toptal*. Obtenido de <https://www.toptal.com/nodejs/programacion-visual-con-node-red-conectando-el-internet-de-las-cosas-con-facilidad>
- Drew. (2020). *wearedrew*. Obtenido de <https://blog.wearedrew.co/los-cambios-que-trae-la-industria-4.0>
- ESSS. (2020). *Blog ESSS*. Obtenido de <https://www.esss.co/es/blog/los-pilares-de-la-industria-4-0/#:~:text=Tambi%C3%A9n%20se%20llama%20la%20cuarta,todo%20el%20mundo%2C%20ha%20establecido>
- Schneider Electric. (2020). *www.se.com*. Obtenido de https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=EIO0000003003.07.pdf&p_Doc_Ref=EIO0000003003
- Spri. (2020). *Grupo Spri Taldea*. Obtenido de <https://www.spri.eus/euskadinnova/es/empresa-digitala/agenda/node-gestion-datos-tiempo-real/15989.aspx>
- TECNOVO. (2020). *TECNOVO*. Obtenido de <https://tecnovo.pe/2019/09/realidad-virtual-y-realidad-aumentada-sus-diferencias/>

ANEXO 1

PLANO P&ID DE LA PLANTA DE AGLOMERACIÓN



Item No.	Description	Quantity	Unit
1	Water Tower	1	Unit
2	Reservoir	1	Unit
3	Pump	10	Unit
4	Valve	10	Unit
5	Distribution Line	10	Unit

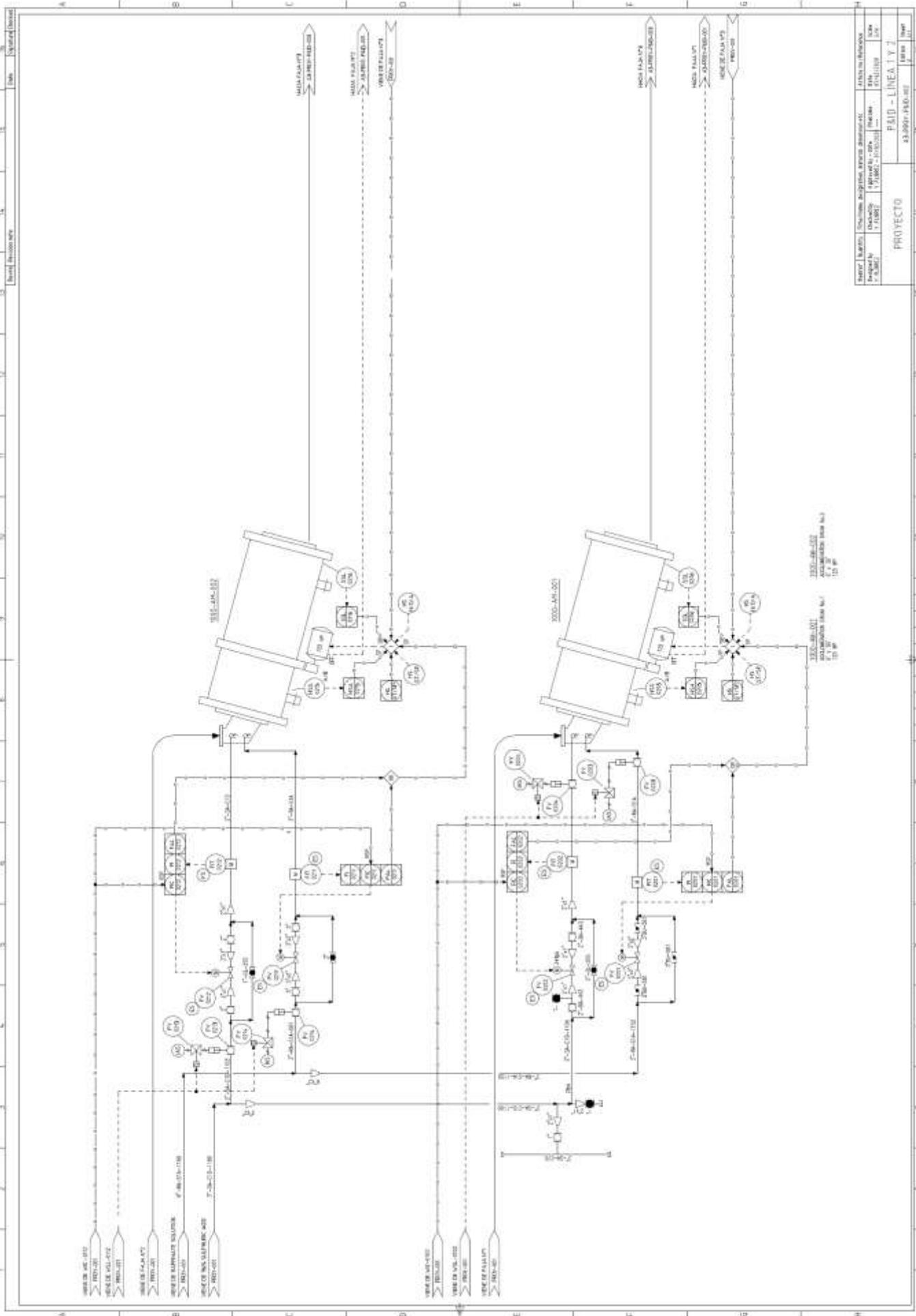
PROJECTO

PAO - LINEA 1 Y 2

888-1100-01

Page

1 of 1



REVISIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO POR	REVISADO POR
01	15/08/2017	PROYECTO	...	...
02	15/08/2017	PROYECTO	...	...
03	15/08/2017	PROYECTO	...	...
04	15/08/2017	PROYECTO	...	...
05	15/08/2017	PROYECTO	...	...
06	15/08/2017	PROYECTO	...	...
07	15/08/2017	PROYECTO	...	...
08	15/08/2017	PROYECTO	...	...
09	15/08/2017	PROYECTO	...	...
10	15/08/2017	PROYECTO	...	...
11	15/08/2017	PROYECTO	...	...
12	15/08/2017	PROYECTO	...	...
13	15/08/2017	PROYECTO	...	...
14	15/08/2017	PROYECTO	...	...
15	15/08/2017	PROYECTO	...	...
16	15/08/2017	PROYECTO	...	...
17	15/08/2017	PROYECTO	...	...
18	15/08/2017	PROYECTO	...	...
19	15/08/2017	PROYECTO	...	...
20	15/08/2017	PROYECTO	...	...
21	15/08/2017	PROYECTO	...	...
22	15/08/2017	PROYECTO	...	...
23	15/08/2017	PROYECTO	...	...
24	15/08/2017	PROYECTO	...	...
25	15/08/2017	PROYECTO	...	...
26	15/08/2017	PROYECTO	...	...
27	15/08/2017	PROYECTO	...	...
28	15/08/2017	PROYECTO	...	...
29	15/08/2017	PROYECTO	...	...
30	15/08/2017	PROYECTO	...	...
31	15/08/2017	PROYECTO	...	...
32	15/08/2017	PROYECTO	...	...
33	15/08/2017	PROYECTO	...	...
34	15/08/2017	PROYECTO	...	...
35	15/08/2017	PROYECTO	...	...
36	15/08/2017	PROYECTO	...	...
37	15/08/2017	PROYECTO	...	...
38	15/08/2017	PROYECTO	...	...
39	15/08/2017	PROYECTO	...	...
40	15/08/2017	PROYECTO	...	...
41	15/08/2017	PROYECTO	...	...
42	15/08/2017	PROYECTO	...	...
43	15/08/2017	PROYECTO	...	...
44	15/08/2017	PROYECTO	...	...
45	15/08/2017	PROYECTO	...	...
46	15/08/2017	PROYECTO	...	...
47	15/08/2017	PROYECTO	...	...
48	15/08/2017	PROYECTO	...	...
49	15/08/2017	PROYECTO	...	...
50	15/08/2017	PROYECTO	...	...
51	15/08/2017	PROYECTO	...	...
52	15/08/2017	PROYECTO	...	...
53	15/08/2017	PROYECTO	...	...
54	15/08/2017	PROYECTO	...	...
55	15/08/2017	PROYECTO	...	...
56	15/08/2017	PROYECTO	...	...
57	15/08/2017	PROYECTO	...	...
58	15/08/2017	PROYECTO	...	...
59	15/08/2017	PROYECTO	...	...
60	15/08/2017	PROYECTO	...	...
61	15/08/2017	PROYECTO	...	...
62	15/08/2017	PROYECTO	...	...
63	15/08/2017	PROYECTO	...	...
64	15/08/2017	PROYECTO	...	...
65	15/08/2017	PROYECTO	...	...
66	15/08/2017	PROYECTO	...	...
67	15/08/2017	PROYECTO	...	...
68	15/08/2017	PROYECTO	...	...
69	15/08/2017	PROYECTO	...	...
70	15/08/2017	PROYECTO	...	...
71	15/08/2017	PROYECTO	...	...
72	15/08/2017	PROYECTO	...	...
73	15/08/2017	PROYECTO	...	...
74	15/08/2017	PROYECTO	...	...
75	15/08/2017	PROYECTO	...	...
76	15/08/2017	PROYECTO	...	...
77	15/08/2017	PROYECTO	...	...
78	15/08/2017	PROYECTO	...	...
79	15/08/2017	PROYECTO	...	...
80	15/08/2017	PROYECTO	...	...
81	15/08/2017	PROYECTO	...	...
82	15/08/2017	PROYECTO	...	...
83	15/08/2017	PROYECTO	...	...
84	15/08/2017	PROYECTO	...	...
85	15/08/2017	PROYECTO	...	...
86	15/08/2017	PROYECTO	...	...
87	15/08/2017	PROYECTO	...	...
88	15/08/2017	PROYECTO	...	...
89	15/08/2017	PROYECTO	...	...
90	15/08/2017	PROYECTO	...	...
91	15/08/2017	PROYECTO	...	...
92	15/08/2017	PROYECTO	...	...
93	15/08/2017	PROYECTO	...	...
94	15/08/2017	PROYECTO	...	...
95	15/08/2017	PROYECTO	...	...
96	15/08/2017	PROYECTO	...	...
97	15/08/2017	PROYECTO	...	...
98	15/08/2017	PROYECTO	...	...
99	15/08/2017	PROYECTO	...	...
100	15/08/2017	PROYECTO	...	...

13.8 kV BUS
480V BUS
208V BUS

