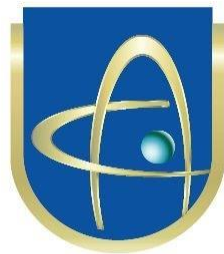


**APOYO AL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SUPERVISIÓN,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA EMPRESA C.P.I. S.A.S DE LA
CIUDAD DE CALI**



CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA

CRISTIAN SANTIAGO ILLERA DUQUE

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

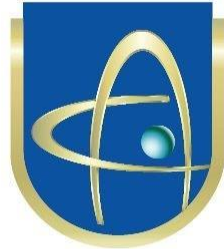
FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

POPAYÁN

2020

**APOYO AL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SUPERVISIÓN,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA EMPRESA C.P.I. S.A.S DE LA
CIUDAD DE CALI**



**CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA**

CRISTIAN SANTIAGO ILLERA DUQUE

TRABAJO DE GRADO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Director:

ING. JUAN PABLO DIAGO RODRIGUEZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

POPAYÁN

2020

**APOYO AL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SUPERVISIÓN,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA EMPRESA C.P.I. S.A.S DE LA
CIUDAD DE CALI**

CRISTIAN SANTIAGO ILLERA DUQUE

Msc. JUAN PABLO DIAGO

Ingeniero en Automática Industrial

DIRECTOR

JULIAN ANDRES OSPINA

Ingeniero Electrónico

GERENTE DE INGENIERIA

FREDY VANEGAS GAMBOA

GERENTE DE CPI S.A.S

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

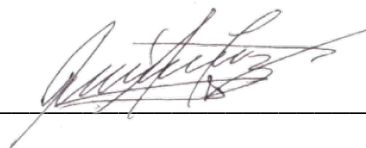
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

POPAYAN

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

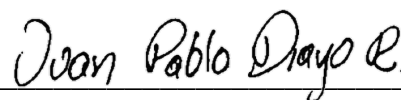
En cumplimiento de los requisitos legales y reglamentarios, se declara aprobado el trabajo de grado denominado, "**APOYO AL DESARROLLO DE SISTEMAS DE SUPERVISIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL EN LA EMPRESA C.P.I. S.A.S DE LA CIUDAD DE CALI**", realizado por CRISTIAN SANTIAGO ILLERA DUQUE. Una vez revisado el escrito final y aprobado la sustentación del mismo, lo autorizan Para que realice la gestión administrativa correspondiente para optar al título de: Ingeniero Electrónico.



JURADO



JURADO



DIRECTOR

DEDICATORIAS

A MI PADRE

Porque fue un gran ejemplo y la primera persona que me ayudo a encontrar el camino a seguir en mi vida y me siento orgulloso de seguir los pasos de él y la sabiduría y fundamentos de ingeniería que un día me enseñó.

A MI MADRE

Por su gran esfuerzo para lograr educarme y el apoyo incondicional que me enseñó a ver cada día como una oportunidad más para acercarme a cumplir mis metas y propósitos, que al luchar y dar lo mejor de mi estoy cada vez más cerca de lograr cumplirlos.

A MI FAMILIA

Porque a lo largo de mi formación universitaria estuvieron apoyándome con mano rígida haciéndome entender que para cumplir los logros se necesita dedicación, esfuerzo y responsabilidad.

AGRADECIMIENTOS

De primera instancia agradezco a mis formadores que con su rigidez, esfuerzo y dedicación luchan cada día para sembrar en los estudiantes futuros profesionales, llenos de valores, fortalezas, sabidurías, pero especialmente buenas personas. Y gracias a ellos he logrado llegar al punto en el que hoy me encuentro.

De segunda instancia agradezco a mis familiares y amigos por el apoyo que me brindaron durante estos 5 años de estudio, donde me fortalecían emocionalmente y me ayudaban a luchar por cumplir este objetivo de culminar mi carrera universitaria.

De tercera instancia a la empresa CPI S.A.S. por permitirme realizar mi práctica en sus instalaciones, en ella encontré excelentes profesionales, personas, y amigos que me compartieron muchos aspectos de su sabiduría lograron acogerme y darme una visión futura del camino que debo seguir profesionalmente.

En general muchas gracias a todos por el acompañamiento, es por ustedes que pude culminar este proyecto y es por eso por lo que este trabajo de grado va dedicado para todos ustedes, no me queda más que desearles los mayores éxitos en sus vidas y no olviden que siempre estaré agradecido con todos.

CONTENIDO

INTRODUCCION	14
1. CAPITULO – PROBLEMA.....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2 JUSTIFICACION.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.4 METODOLOGIA	20
2. CAPITULO - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	21
2.2 LA AUTOMATIZACION.....	22
2.2.1 Pirámide de la automatización	22
2.2.1.1 Nivel de campo- Entradas / Salidas	23
2.2.1.2 Nivel de control	23
2.2.1.4 Nivel de gestión	24
2.3 SISTEMAS SUPERVISORES.....	25
2.3.1 Sistema de supervisión SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).....	25
2.3.2 Sistema de supervisión HMI (Human-Machine Interface)	26

2.4 PLATAFORMAS DE DISEÑO, CONTROL Y AUTOMATIZACION DE SCHNEIDER.....	26
2.4.1 Plataforma Unity Pro.....	27
2.4.2 Plataforma Vijeo Designer	28
2.4.3 Plataforma Vijeo Citect	29
2.4.4 Base de datos de Microsoft Access	29
2.5 CONTROL APLICADO A LA INDUSTRIA.....	30
2.5.1 Sistema de control lazo abierto.....	30
2.5.2 Sistema de control lazo cerrado.....	30
2.5.3 Controladores	31
2.5.3.1 Controlador PID.....	31
2.5.3.2 Controlador PLC.....	32
2.6 NORMATIVIDAD	33
2.6.1 ISO 9241 – 10	33
2.6.2 IEC 60073 y IEC 61301-1.....	34
2.6.3 ISA 101.....	34
2.6.4 Tercera parte de la Norma IEC 61131-3.....	37
2.6.4.1 Lenguajes de programación para los PLC	38
2.6.4.2 Tipo de datos.....	38
2.6.4.3 Variables.....	38

2.7 MANUFACTURA ESBELTA (lean manufacturing)	39
2.7.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta	40
2.7.2 Las seis grandes pérdidas	41
2.7.3 5S organiza el área de trabajo	41
2.7.4 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)	41
2.7.5 SMED (Single Minute Exchange Die)	42
2.7.6 KPI (Key Performance Indicator)	42
2.8 OEE APLICADO A LA INDUSTRIA.....	43
2.8.1 Historia del OEE	43
2.8.4 Las 6 grandes pérdidas del OEE	48
2.8.4.1 Pérdida por DISPONIBILIDAD (Pérdida por Tiempo)	49
2.8.4.2 <i>Pérdida por RENDIMIENTO (Disminución en la velocidad)</i>	49
2.8.4.3 <i>Pérdida por CALIDAD (Pérdida de Materia Prima)</i>	50
3. CAPITULO - DESARROLLO DEL PROYECTO	52
3.1 PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	53
3.2. DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN PARA EL PAC M340 Y M580.	55
3.2.1 Diseño del diagrama de flujo de la herramienta de eficiencia OEE	56
3.2.2. Configuración de las entradas, salidas y direccionamiento del PLC	57
3.2.3. Asignación de las variables	60
3.2.4. Configuración del bloque de funciones	61

3.2.5 lógica programable	64
3.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA OEE APLICADA EN PANTALLAS HMI.	65
3.3.1. Configuración de la pantalla HMI	66
3.3.2. Asignación y direccionamiento de las variables	68
3.3.3. Diseño de los paneles principales del OEE.....	68
3.3.4. Diseño del panel gráfico	70
3.3.5. Panel del resultado final.....	72
3.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA OEE APLICADA A SISTEMAS SCADA.	73
3.4.1. Configuración del proyecto SCADA	74
3.4.2. Asignación y direccionamiento de las variables	75
3.4.3. Interfaz de la herramienta OEE en SCADA.....	76
3.5.3. Reportes generados través de Vijeo Citect.	79
3.5.4. Sincronización entre Citect y la basa de datos de Access	81
4. CAPITULO - PRUEBAS Y RESULTADOS.....	85
4.1 PRUEBAS.....	85
4.1.1 Prueba de funcionamiento del sistema de supervisión HMI	85
4.1.2 Prueba de funcionamiento del sistema de supervisión en SCADA	89
4.1.3 Reporte generado a partir de la plataforma de Microsoft ACCESS.....	89
4.2 Aceptación del desarrollo del proyecto por parte de la empresa CPI S.A.S.	91

4.3 Análisis de los resultados.....	92
4.4 Recomendaciones.	93
5. CAPITULO - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	94
5.1 CONCLUSIONES	94
5.2 TRABAJOS FUTUROS.....	96
Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1, Pirámide De La Automatización.Fuente. [10]	23
Ilustración 2. Supervisión SCADA. Fuente. [13]	25
Ilustración 3. Pantallas HMI. FUENTE. [14].....	26
Ilustración 4. Logo Unity Pro. FUENTE.[14]	27
Ilustración 5. Logo Vijeo Designer. FUENTE. [14].....	28
Ilustración 6. Logo Vijeo Citect. FUENTE.[14].....	29
Ilustración 7. Logo Microsoft Access. FUENTE.[17]	30
Ilustración 8. Sistema de control lazo abierto. Fuente.[19]	30
Ilustración 9. Sistema de control lazo cerrado. FUENTE.[19]	31
Ilustración 10. Controlador PID. Fuente.[14]	32
Ilustración 11.Controlador PLC. Fuente.[14]	32
Ilustración 12. Comparación de pantallas coherente. Fuente [22]	33
Ilustración 13. Comparación pantallas claras y concisas. Fuente [22]	33
Ilustración 14. Tabla asignación de colores de la norma IEC60073. Fuente [23] .	34
Ilustración 15. Forma correcta del indicador numérico. Fuente [23]	35
Ilustración 16. Estado del objeto dinámico en una válvula. Fuente [23].....	35
Ilustración 17. Estado del objeto dinámico en un interruptor. Fuente [23]	36
Ilustración 18. Estado del objeto dinámico en un motor. Fuente [23].....	36
Ilustración 19. Indicador numérico con los limitadores. Fuente [23].....	36

Ilustración 20. Comparación fonda de pantalla en sistema de supervisión. Fuente [24].....	37
Ilustración 21. Herramientas de la manufactura esbelta. Fuente [28].....	39
Ilustración 22. Clasificación de los tiempos del OEE. Fuente[36]	48
Ilustración 23. Derivación de los tipos de pérdidas del OEE. Fuente [38].....	50
Ilustración 24. Diagrama de flujo del programa OEE. Fuente propia.	56
Ilustración 25. Configuración de los módulos de I/O, Fuente y CPU del PAC M580 en UNITY PRO.	57
Ilustración 26.configuración del puerto de comunicación TCP/IP de la CPU.	58
Ilustración 27. Configuración del direccionamiento para la comunicación simulada.	59
Ilustración 28.direccionamiento de los módulos de I/O análogos y digitales.....	60
Ilustración 29.asignación de las variables de programa	60
Ilustración 30.Variables creadas para el bloque de funciones.	61
Ilustración 31. Asignación de variables del BF a los módulos de I/O.....	62
Ilustración 32. Asignación de las entradas y salidas al bloque de funciones.	62
Ilustración 33. Bloque de funciones de tipo derivativo.	63
Ilustración 34. Ejemplo del código de la herramienta OEE.....	64
Ilustración 35. Configuración de la pantalla HMI.	67
Ilustración 36. Configuración del puerto de comunicación modbus TCP/IP.....	67

Ilustración 38. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz HMI.....	69
Ilustración 39. Panel de los datos completos de la herramienta de OEE dentro de la interfaz HMI.....	70
Ilustración 40. Panel gráfico de las variables fundamentales del OEE dentro de la interfaz HMI.....	71
Ilustración 41. Tipos de resultados según el valor OEE obtenido.	72
Ilustración 42. Panel de resultados final de la interfaz HMI.	72
Ilustración 43. Configuración servidores del clúster.....	74
Ilustración 44. Configuración del dispositivo de entradas y salidas.	75
Ilustración 45. Ejemplo asignación de las variables en Citect.....	75
Ilustración 46. Panel de los datos principales del SCADA.	76
Ilustración 47. Ventana de los datos principales dentro del SCADA.	77
Ilustración 48. Ventana de visualización gráfica.	78
Ilustración 49. Configuración formato de informe de Vijeo Citect.	79
Ilustración 50. Reporte final generado en Word	80
Ilustración 51. Configuración del controlador OBDC.	81
Ilustración 52. Configuración del controlador OBDC.	82
Ilustración 53. Configuración de las columnas según las variables.	82
Ilustración 54. Cicode transmisión de datos en SQL.	83
Ilustración 55. Reporte generado a partir de ACCESS.....	84

Ilustración 56. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz HMI.....	87
Ilustración 57. Panel de los datos completos de la herramienta de OEE dentro de la interfaz HMI.....	88
Ilustración 58. Panel de resultados final de la interfaz HMI.	88
Ilustración 59. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz SCADA.....	89
Ilustración 60. Reporte generado <i>a partir</i> de la plataforma de Microsoft Access..	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de lenguajes de programación. Fuente propia	38
Tabla 2. Herramientas de la manufactura esbelta. Fuente propia	40
Tabla 3. Tabla Cálculos de Disponibilidad. Fuente[35]	45
Tabla 4. Tabla Cálculos de Rendimiento. Fuente[35]	46
Tabla 5. Tabla Cálculos De Calidad. Fuente[35]	47
Tabla 6. Tabla clasificación de los tiempos del OEE. Fuente [36]	51
Tabla 7. Actividades desarrolladas para el desarrollo de la herramienta.	53
Tabla 8. Planificación de un proyecto OEE. Fuente propia	54
Tabla 9. Planificación del diseño de la lógica programable. Fuente propia.....	55
Tabla 10, Ejemplo de variables utilizadas en UNITY PRO.	61
Tabla 11. Ejemplo variables asignadas en Vijeo Designer.	68
Tabla 12. Descripción del panel principal de la interfaz HMI.	69
Tabla 13. Descripción del panel de datos primordiales dentro de la interfaz HMI.	70
Tabla 14. Descripción del panel gráfico de la interfaz HMI.	71
Tabla 15. Ejemplo variables asignadas en Vijeo Citect.	76
Tabla 16. Descripción del panel principal del SCADA.	77
Tabla 17. Descripción de la ventana de los datos principales del SCADA.....	78
Tabla 18. Datos del ejemplo a simular.	85

Tabla 19. Valores teóricos obtenidos del OEE. 87

Tabla 20. Actividades realizadas durante el periodo de pasantía. 92

LISTA DE FORMULAS

Ecuación 1. Para la disponibilidad [35]..... 44

Ecuación 2. Formula completa de la disponibilidad [35] 45

Ecuación 3. Formula general del rendimiento [35] 46

Ecuación 4. Formula completa del rendimiento [35]..... 46

Ecuación 5. Formula de calidad[35] 47

Ecuación 6. Formula de OEE[35]..... 48

Ecuación 2. Formula completa de la disponibilidad [35] 85

Ecuación 4. Formula completa del rendimiento [35]..... 86

Ecuación 5. Formula de calidad[35] 86

Ecuación 6. Formula de OEE[35]..... 86

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. GUIA DEL DESARROLLO DEL PSEUDOCÓDIGO EMBEBIDO PARA LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES.....	101
ANEXO 2. GUIA DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN OEE EN SISTEMAS DE SUPERVISION HMI.	101
ANEXO 3. GUIA DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN OEE EN SISTEMAS DE SUPERVISION SCADA.	101
ANEXO 4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE DENTRO DE LA EMPRESA C.P.I. S.A.S.....	102

RESUMEN

El siguiente trabajo se centra en el apoyo a la ejecución de proyectos desarrollados en la empresa CPI S.A.S. durante el tiempo como pasante se trabajó en el diseño, desarrollo e implementación de una herramienta que brinda a los clientes de la empresa una mejor eficiencia en los procesos industriales, para el desarrollo de esta se trabajó por medio de las plataformas de programación, diseño y almacenamiento de datos como lo es Unity Pro, Vijeo Designer, Vijeo Citect y Microsoft Access. La herramienta lleva el nombre de OEE que en inglés se define como (Overall Equipment Effectiveness). La cual está diseñada para ser implementada en sistemas de supervisión ya sean sistemas HMI o SCADA, se enfoca en medir la eficiencia de procesos industriales que como resultado final obtienen un producto bruto el cual puede ser cuantificable y cualificable. La herramienta está basada en la medición de 2 variables específicas “Tiempo” y “Unidades de Producción” de donde se hace una comparación entre el valor de las variables medidas y su valor teórico, de la que se extrae toda la información fundamental para generar métricas porcentuales como (Disponibilidad, Rendimiento, Calidad y OEE) los cuales son factores importantes que ayudan a encontrar falencias y déficits en los procesos de producción.

Palabras clave: automatización, gestión energética, sistemas de supervisión, HMI, SCADA, OEE, controlador, PLC.

ABSTRAC

The following work focuses on support for the execution of projects developed in the company CPI S.A.S. in time as a trainee, we work on the design, development and tooling to provide the company's customers with a better efficiency in industrial processes, one of which is the OEE tool, which in English is defined as (Overall effectiveness of the equipment).

This tool is designed to be implemented in supervisory systems and be HMI or SCADA systems, it focuses on measuring the efficiency of industrial processes as a final result of a gross product which can be quantified and qualified.

The tool is based on the measurement of 2 variables "Time" and "Production Units" where a comparison is found between the value of the measured variables and their theoretical value, from which all the fundamental information is extracted to generate metrics Percentage as (Availability, Performance, Quality and OEE) The important factors that help to find shortcomings and deficits in the production processes.

INTRODUCCION

En este proyecto se busca realizar el apoyo como pasante en el desarrollo de diseños, implementaciones, documentación de sistemas de supervisión, automatización y control en la empresa CPI S.A.S. Esta entidad es reconocida en el sur occidente de Colombia por ser integradora de la marca Schneider eléctricos y ofrecer proyectos en las áreas antes mencionadas a empresas tan reconocidas como Incauca, Cementos Argos, Ingenio Providencia, Cervecería del valle, Colombina, Postobón, Rimax, entre muchas otras, obteniendo el reconocimiento por la calidad en el desarrollo de sus productos mediante la certificación ISO 9001. Dada la condición de esta empresa, su gran número de clientes, sus proyectos constantes a desarrollar y en el afán de contribuir con la formación de jóvenes ingenieros, ha decidido firmar un convenio colaborativo con la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, vinculando a pasantes que colaboren y se formen mediante la participación activa en el desarrollo de sus labores comerciales y de ingeniería [1].

De esta manera como pasante se genera un espacio para poner en práctica el ambiente de automatización real, y adquirir conocimientos en la formación como ingeniero electrónico acordes al perfil como egresado. Buscando mejorar sistemas de automatización y diseñando herramientas que incrementen la productividad y rendimiento de los procesos industriales de las empresas, para el desarrollo de la pasantía se utiliza equipos similares a los que posee la Corporación autónoma del Cauca en sus laboratorios de control (Pac's M340, M580, terminales de dialogo HMI, entre otros), factor fundamental que facilita el desarrollo del proyecto al igual que el software en que se trabaja (Unity Pro, Vijeo Designer, Vijeo Citect, entre otros).

Es importante resaltar que la empresa CPI S.A.S. busca aumentar la producción, mejorar la calidad, generar un menor consumo, aumentar la eficiencia energética en los procesos industriales que cumplan con todas las normas correspondientes.

Para mejorar la productividad en una empresa es necesario realizar un estudio detallado de los procesos, cuantificar y calificar los resultados encontrando

soluciones que beneficien a los clientes, este tipo de estudios se puede realizar por medio de indicadores de desempeño que permiten un mayor análisis del proceso y ayudan a encontrar las partes con más déficit de productiva, con el fin de mejorar el rendimiento de la máquina. La implementación de este tipo de herramientas permite un estudio detallado y conciso por medio de gráficas, tablas y cifras porcentuales que califican la eficiencia de producción.

1. CAPITULO – PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

C.P.I S.A.S es una empresa de ingeniería eléctrica y control que trabaja como integrador del grupo de Schneider, se especializa en atender la industria del sur occidente colombiano, encargada de implementar sistemas de automatización industrial y supervisión, mejoras en el sistema eléctrico y control necesarios para aumentar la producción, mejorar la calidad, proteger el personal, monitorear la calidad y el consumo energético en empresas.[1]

El desarrollo e implementación de los sistemas de control y automatización deben ser instalados de forma rigurosa, evitando posibles riesgos generados por no cumplir a cabalidad todas las normas estipuladas que aseguran la protección del operario, situados en una ubicación apta donde los equipo de control no sufran riesgo alguno, contando con un sistema de supervisión que permita monitorear toda la producción, con un estudio previo de gastos energéticos que garantice un desempeño eficiente en los equipos y un consumo mínimo de estos. [2]

Debido a que la empresa **C.P.I S.A.S** constantemente trabaja en distintos proyectos, se ha visto la necesidad de apoyar el análisis, diseño e implementación en procesos industriales, que garantice el cumplimiento de las normas de diseño y seguridad en cada ámbito correspondiente según el proyecto de automatización, esto no solo beneficia al sector empresarial sino también disminuye los gastos energéticos al ser desarrollada con un estudio previo que genere el mayor provecho de este. En el campo se encuentran muchas fábricas que en su tiempo implementaron un sistemas que actualmente se encuentran obsoletos, como es el control de lógica cableada que por medio de relés electromecánicos, borneras, temporizadores, diodos, contactores y cables se realizaba un control semiautomático, este tipo de sistemas se pueden mejorar por medio de una implementación de un PLC con mayor velocidad, menor consumo, simplicidad y producción, incrementando en muchos aspectos la calidad – costo – beneficio en sus productos, o implementar sistemas de automatización más avanzados como son los sistemas de supervisión

que permiten un control de procesos de forma remota, con indicadores, graficas, registros, reportes e historiales que ayudan analizar y tomar decisiones por medio de una interfaz de usuario en una pantalla, beneficiando el tiempos de producción, calidad del productos, trayendo una mejore eficiencia en cuanto a tiempo, energía y materia prima se refiere.

Teniendo en cuenta que el mercado se inclina más a sacar el mayor provecho de sus productos una de las mejores alternativas es la renovación, esta trae mejoras en todos los aspectos nombrados anteriormente y un aporte tanto a la población como al sector industrial.[3]

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo apoyar a la empresa **C.P.I. S.A.S.** en el análisis, diseño e implementación de procesos industriales, que garanticen el cumplimiento de las normas de diseño y seguridad en cada ámbito correspondiente según el proyecto de automatización en el que se trabaje?

1.2 JUSTIFICACION

A mediados del siglo XVIII empieza la revolución industrial consigo trae cambios históricos como la sustitución del trabajo físico humano por el trabajo hecho por medio de máquinas [4], a esta era se le llamo **industria 1.0** y fue el principio en el que se incorpora la maquinaria en la industria con el fin de fabricar un producto en serie. En la actualidad nos encontramos en la era de la **industria 4.0** también llamado “internet industrial” donde su mayor evolución es estar conectada al Internet de las cosas (IoT) esto nos permite realizar procesos de forma automática, lo cual quiere decir que trabaja de forma autómatas sin la necesidad de tener un operador ejecutando la maquinaria, y con un sistema de supervisión que asegura la inspección y ejecución del proceso industrial en tiempo real, base de datos que donde se guarda la información de las variables, se crean registros, reportes,

historiales o una plataforma que permite la supervisión por medio de una Tablet o celular.[4]

La industrialización en Colombia tuvo un fuerte impacto a mediados del siglo XX, es en esta época donde empieza adquirir maquinaria importada y un crecimiento de desarrollo tecnológico, social y económico alto en el país, desde entonces hay algunas empresas que se han mantenido y han ido creciendo con el tiempo como lo son Coltejer, Bavaria, Cementos Diamante, Rio Paila y entre otras que han mejorado sus productos y procesos de producción, eso se debe al continuo cambio que realizan, uno de estos es la renovación en sus sistemas de fabricación que trae consigo mejoras en sus procesos industriales como son las herramientas de eficiencia e indicadores de productividad, sistemas de control, sistemas de supervisión, equipos, materiales y muchos más que garanticen una eficiencia en sus ventas y calidad de los productos.[5]

Con la globalización de los mercados, las empresas en el mundo se han visto obligadas a cumplir con estándares de calidad internacionales que les permita ser competitivas a nivel regional, nacional e internacional. En Colombia, todas las organizaciones que deseen demostrar la calidad de sus productos o servicios deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la Norma ISO 9001.[6]

Es por esto que la empresa Control de Procesos Industriales C.P.I. S.A.S. se ve en la necesidad de ofrecer los diseños de herramientas que estudian y analizan cada procesos de la planta, con el fin de cuantificar y calificar la eficiencia en los procesos de producción en cada ciclo de trabajo, repotenciar el modelo de automatización en sus sistemas eléctrico y de control, obtener mejores resultados en aumento de producción y calidad, así mismo proteger el personal, monitorear el consumo y calidad energética. Para esto la empresa esta conformada por un grupo de Ingenieros que cuentan con las capacidades y habilidades para el desarrollo de estas actividades, y así cumplir con los desafíos que se presentan, aplicando las soluciones más eficientes en las diferentes fábricas de los clientes de C.P.I.S.A.S.

Debido a la cantidad de proyectos que maneja se ve en la necesidad de solicitar pasantes que apoyen en el desarrollo de los proyectos, aplicaciones y herramientas que garantice una mejora en el sistema de producción donde se aplique.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Apoyar el análisis, diseño e implementación en procesos industriales, que garantice el cumplimiento de las normas de diseño y seguridad en cada ámbito correspondiente según el proyecto de automatización trabajado.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el estudio y diseño de soluciones previas en el área de sistemas de supervisión, control y automatización de las empresas clientes de CPI S.A.S donde se desarrollará un proyecto.
- Apoyar la implementación de proyectos de supervisión y control desarrollados en las plataformas: Viejo Designer, Vijeo Citect y Unity Pro de Schneider Electric.
- Apoyar los procesos de documentación técnica, entregas de proyectos de supervisión y control y la construcción de manuales de usuario de los desarrollos implementados, de acuerdo a los requerimientos del cliente.
- Validar el funcionamiento de los sistemas desarrollados por medio de la empresa CPI S.A.S.

1.4 METODOLOGIA

El presente trabajo es de tipo experimental, se desarrolla en las instalaciones de la empresa CPI S.A.S. con el fin de implementar una herramienta métrica capaz de registrar los valores medidos y generar un diagnóstico que me defina la eficiencia global de producción (OEE) en distintos equipos que hacen parte de un proceso industrial, esta herramienta se ha implementado y desarrollado cumpliendo con las normas de diseño y programación por medio de sistemas de supervisión en interfaz HMI y SCADA, aplica para todo equipo que obtiene como resultado final un producto cuantificable y calificable.

Para la instalación de esta herramienta es necesario hacer un estudio detallado de la máquina donde será implementada, se debe tener en cuenta los siguientes valores ya predefinidos para un diagnóstico preciso: la velocidad de producción teórica del equipo, el tiempo de operación teórico, las unidades teóricas de producción y los tiempos de las paradas programadas ya sean de descanso mantenimiento u otro tipo.

La eficiencia global de producción se basa en la comparación de los valores teóricos de la maquina cuando funciona a su mejor rendimiento, contra los valores medidos durante el proceso. De esta forma se obtiene de manera porcentual la eficiencia de producción. Se define que si el valor de OEE es igual al 100% su rendimiento es ideal en referencia al teórico y su funcionamiento es óptimo.

2. CAPITULO - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este capítulo se basa en los fundamentos teóricos necesarios para la implementación de la herramienta OEE (efectividad global de producción) aplicada en sistemas de supervisión HMI y SCADA. [7]

2.1 ESTADO DEL ARTE

La industrialización empieza a mediados del siglo XVIII con la implementación de elemento mecánicos con el fin de facilitar las tareas de producción, mediante la utilización de la energía hidráulica, a vapor o herramientas para este tipo de maquinaria, a esta primera revolución industrial se le conoce como (Industria 1.0) e históricamente se empieza a remplazar la mano de obra por máquinas que facilitaban la producción y una mejor calidad del producto.[4]

La segunda revolución industria (Industria 2.0) empieza a finales del siglo XIX, donde se comienza a utilizar por primera vez en las fábricas como Fuente de alimentación la energía eléctrica y se implementan en la maquinaria motores de corriente continua y moduladores relés. Así nace un primer modelo de control (control lógico cableado), la implementación de la energía eléctrica y los componentes como: relés electromecánicos, contactores, temporizadores, diodos y válvulas facilitan el trabajo antes realizado y trae consigo beneficios económicos al permitir una producción en masa, se necesitan menos empleados y se crea maquinaria para labores específicas.[3]

La tercera revolución industrial (Industria 3.0) tiene principio a mediados del siglo XX, en esta época gracias a los avances científicos y tecnológicos como la electrónica, telecomunicaciones, robótica y bioingeniería permite la modernización de la industria, En 1968 la empresa GENERAL MOTORS realiza una propuesta con el fin de sustituir el cableado y los relés utilizados en la industria por circuitos electrónicos, es aquí donde la empresa ALLE BRADLEY dirigía por ODO

STRUNGER desarrollan el primer PLC (controlador lógico programable) a partir de entonces era más sencillo modificar un programa que cambiar toda la estructura de cableados y relés en un proceso. Se empieza hacer la primera automatización en los procesos de producción.[3]

La cuarta revolución industrial (Industria 4.0) empieza a principios del siglo XXI y en la que nos encontramos actualmente, nace con la implementación de las nuevas tecnologías como la robótica, inteligencia artificial, nano tecnología, el internet de las cosas (I o T), entre otras. Estas nuevas tecnologías permiten que las empresas trabajen de forma autónoma y segura, los sistemas de supervisión y telecomunicación nos permiten estar al tanto del procesos de producción en manera general conectado a una red inalámbrica, satisface la necesidad entre cliente – proveedor, y nos brinda un estudio completo de las diferentes estaciones de trabajo que hay en una planta de producción.[7]

2.2 LA AUTOMATIZACION

La automatización se define como la utilización de los sistemas de control, electrónica y mecánica, que en conjunto se unen para la ejecución de manera autónoma y programada de un proceso. Facilita la mano de obra permitiendo al operador estar supervisando posibles fallas o alarmas de las máquinas, su producción puede ser continua con únicas paradas programadas para previos mantenimientos de la planta disminuyendo riesgos durante el proceso, recolectar datos para estudios previos, supervisada y controlada desde una estación de servicio apartada con el fin de brindar seguridad al operador.[8]

2.2.1 Pirámide de la automatización

La implementación de controladores lógicos programables, actuadores, sensores, computadores, redes de comunicación, pantallas de supervisión, entre otros; hacen parte de un sistema de automatización en la industria, la cual se encuentra jerárquicamente distribuida en niveles que conforman la pirámide de la

automatización del modelo OSI (International Standard Organization) estos niveles son: nivel de campo, nivel de campo y proceso, nivel de supervisión y control, y nivel de control.[9] Como se muestra en la ilustración 1.

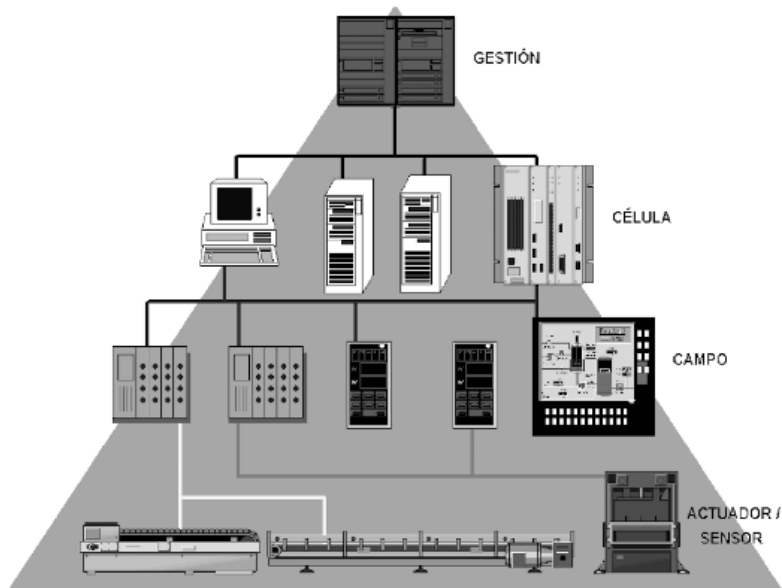


Ilustración 1, Pirámide De La Automatización.Fuente. [10]

2.2.1.1 Nivel de campo- Entradas / Salidas

Se le conoce también como fieldbus y es un nivel de instrumentación que está conformada por dispositivos de medida como sensores e indicadores, instrumentos de mando tales como actuadores, manejan distintos rangos de señales, usualmente funcionan en el campo o planta de producción. [11]

2.2.1.2 Nivel de control

En este nivel se encuentra los controladores lógicos programables (PLC) o autómatas programables, estos dispositivos permiten que los actuadores, sensores, registradores entre otros, funcionen conjuntamente para realizar un proceso deseado, los dispositivos como sensores de nivel y válvulas, trabajan por medio de

señales digitales estandarizadas que en conjunto con el controlador pueden comunicarse y ejecutar acciones de forma automática y síncrona, estos dispositivos también son reprogramables y permiten su ajuste y modificación al mismo tiempo en el que se está ejecutando.[11]

2.2.1.3 Nivel de supervisión

Este nivel está conformado por computadoras y pantallas de visualización que al estar comunicadas de forma directa con los controladores PLC, permiten el monitoreo de la planta. Este tipo de proceso se le conoce como sistema de supervisión SCADA (supervisión, control y adquisición de datos), el cual funciona por medio de imágenes que de manera virtual y simulada permiten la visualización de como se está llevando a cabo la producción en tiempo real de la planta, también permite controlar, monitorear y ejecutar variables, alarmas, indicadores y registradores, que aseguran el funcionamiento óptimo de la planta.[11]

2.2.1.4 Nivel de gestión

Este último también está conformado por computadores que se encuentran comunicados con el nivel de supervisión, gracias a la información recopilada que brinda el anterior nivel los gestores de la empresa pueden sacar estadísticas por medio de KPI's (indicador clave de desempeño) donde les brinda la información necesaria para la toma de decisiones, ver estado actual de la materia prima utilizada para la fabricación de productos, costos de producción, consumo energético, programar paradas, calcular el tiempo de los procesos y entre otras.

Esto le permite a los directivos tomar decisiones que optimicen el funcionamiento de la planta y tomar acciones rápidas, concisas y anticipadas.[11]

2.3 SISTEMAS SUPERVISORES

El proceso de supervisión es una forma sistematizada que de manera visual por medio de pantallas permite realizar el seguimiento y vigilancia del proceso controlado, su funcionamiento está basado en la lectura de las variables de entras y salidas del sistema, las cuales pueden ser graficadas, observar distintos tipos de fallas, generar alarmas, registrar datos, generar reportes de la planta, modificar y alterar el control del proceso.

El sistema de supervisión permite ejecutar desde una parte alterna a la planta.[12]

2.3.1 Sistema de supervisión SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Un sistema SCADA que sus siglas en español significan (supervisión control y adquisición de datos) está conformado por terminales remotas que trasmite los datos a una computadora donde se ejecuta la supervisión del proceso, el sistema permite controlar y modificar cambios del proceso, ajustar alarma, generar reportes y visualizar posibles fallos del sistema en tiempo real.[8] En la ilustración 2 se expone un tipo de sistema SCADA.



Ilustración 2. Supervisión SCADA. Fuente. [13]

2.3.2 Sistema de supervisión HMI (Human-Machine Interface)

El sistema HMI que sus siglas en español significan (interfaz hombre maquina) permite que el operador haga control por medio de una simulación en pantalla a tiempo real, visualizando el estado actual del proceso. Ver Ilustración 3

Esta interfaz permite el cambio de las variables, ejecución de interruptores, alarmas, grafico de datos, animaciones, entre otra. Una gran ventaja es que las pantallas HMI pueden llegar a ser portátiles, para monitorear el proceso desde cualquier lugar de la planta.[14]



Ilustración 3. Pantallas HMI. FUENTE. [14]

2.4 PLATAFORMAS DE DISEÑO, CONTROL Y AUTOMATIZACION DE SCHNEIDER

Esta compañía tuvo sus inicios en Europa cerca al año de 1836 empezó con la fabricación de armamento y la metalurgia, después de la segunda guerra mundial la compañía es restaurada y decide cambiar la línea de producción, de 1975 a 1981 la compañía estudia el tema de la construcción naval y su distribución eléctrica, en el año de 1988 compra la compañía de Telemacanique creadora del primer PLC(Modicon) adentrándose en el desarrollo de la automatización, en 1997 la empresa se desprende de la metalurgia centrándose en la distribución, control y gestión de la energía eléctrica.[15]

En la actualidad la compañía europea se especializa en la automatización industrial, automatización de edificios inteligentes, gestión energética entre otras.

Hoy en día cuenta con sucursales alrededor del mundo y es conocida por brindar soluciones eficientes y sustentables.[15]

La empresa Schneider posee su propia línea de interfaz para la programación y diseño en la línea de control y supervisión.

- La interfaz que se encarga de programar la línea de los autómatas de Schneider como son el PAC's (M340, M580, momentum, quantum y Premium) se llama UNITY PRO.[14]
- El programa que permite diseñar la interfaz de las pantallas HMI para los sistemas de supervisión se llama VIJEO DESIGNER.[14]
- El programa que permite diseñar la interfaz de los sistemas de supervisión en SCADA se llama VIJEO CITECT.[14]

2.4.1 Plataforma Unity Pro

Es un software usado para la configuración y programación de los autómatas de la línea de Schneider (Pac's M340 Y M580) el cual se expone en la ilustración 4, cuenta con una interfaz gráfica en la que se configura y asigna la CPU y la distribución de los módulos de entradas y salidas del sistema según el diseño empleado, permite la simulación de la lógica programada, verificar las entradas y salidas, durante la modificación y ejecución del programa incluso cuando el PLC se encuentra ejecutando un proceso.[14]



Ilustración 4. Logo Unity Pro. FUENTE.[14]

PAC M340 Y M580 se le conoce a la unidad completa de los autómatas programables de Schneider, la diferencia con otros PLC es que se conforman por una base que permite distintas configuraciones de armado según el diseño, adaptándose a la necesidad de la aplicación. Sobre esta base se puede configurar la Fuente, la CPU, los módulos de I/O análogos y digitales, módulos de comunicación, entre otros. Esto permite un solo bloque compacto con todas las especificaciones requeridas.

2.4.2 Plataforma Vijeo Designer

Es un software de diseño para sistemas de supervisión en pantallas HMI de la línea de Schneider. El cual se expone en la ilustración 5. Es usado para crear aplicación de interacción hombre-máquina, soporta múltiples pantallas para distintas visualizaciones que se pueden distribuir en diferentes partes de la planta, soporta transmisión de datos, imágenes y videos.

El usuario supervisa en tiempo real la funcionalidad del proceso y permite posibles modificaciones de este, por medio de botones y alarmas designadas en una pantalla táctil.[13]



Ilustración 5. Logo Vijeo Designer. FUENTE. [14]

2.4.3 Plataforma Vijeo Citect

Es un software de diseño para sistemas de supervisión SCADA de la línea de Schneider. El cual se expone en la ilustración 6, el desarrollo de su interface es por medio de computadoras, permite una supervisión del comportamiento de las variables y funcionamiento de los elementos de control, comunicación con otros dispositivos de supervisión y control, adquisición de datos en tiempo real de los procesos industriales de la planta, el usuario puede modificar, enviar y recibir tareas del proceso por medio de botones según el diseño de la interface.[13]



Ilustración 6. Logo Vijeo Citect. FUENTE.[14]

2.4.4 Base de datos de Microsoft Access

Es un software desarrollado por la empresa Microsoft y hace parte del paquete de office. El cual se expone en la ilustración 7.

Access está dedicada a la administración y estructuración de la base de datos además permite comunicarse con otras plataformas como (FOXPRO, PARADOX, DBASE, BTRIEVE, SQL SERVER) donde comparten y actualizan la información contenida por medio del lenguaje de programación "SQL" que es un lenguaje diseñado para el manejo de base de datos.

Access permite realizar consultas, agrupar, generar reportes con gráficas, tablas y más. [16]



Ilustración 7. Logo Microsoft Access. FUENTE.[17]

2.5 CONTROL APLICADO A LA INDUSTRIA

El objetivo del control aplicado a la industria está basado en la lectura y manejo de variables, donde por medio de una señal de entrada manejar una o más salidas deseadas, para esto es necesario un controlador que lea un valor de referencia y para ejecutar un valor de salida deseado, existen dos tipos comunes de sistemas de control, lazo abierto y lazo cerrado.[18]

2.5.1 Sistema de control lazo abierto

En este la señal de salida es independiente a la de la entrada, lo que quiere decir que no hay retroalimentación de algún tipo de sensor. Este lazo carece de exactitud y está expuesto a perturbaciones que pueden variar la salida del sistema.[18] Ver la ilustración 8.

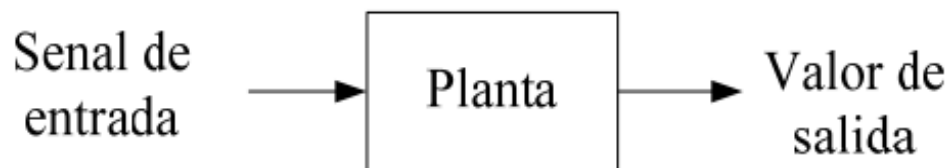


Ilustración 8. Sistema de control lazo abierto. Fuente.[19]

2.5.2 Sistema de control lazo cerrado

En este la señal de salida está en función de la variable de entrada, la retroalimentación del sistema permite que el controlador se autoajuste para mantener una salida constante y estable. Este tipo de control es más seguro, puede

corregir errores de perturbación al cambio en la variable de entrada.[18] Ver la ilustración 9.

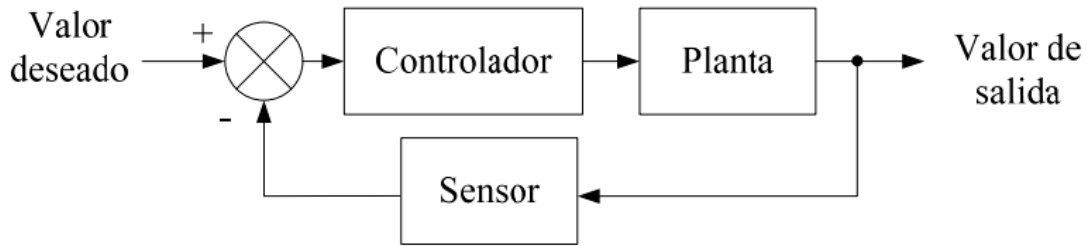


Ilustración 9. Sistema de control lazo cerrado. FUENTE.[19]

2.5.3 Controladores

En la industria se utilizan dos tipos de controladores según la complejidad del proceso, en procesos simples en los que se pretenden manejar una variable y una salida se utiliza controladores PID y en sistemas de automatización donde se maneja gran complejidad del proceso se utilizan controlador PLC los cuales ejecutan diferentes funciones simultáneamente.

2.5.3.1 Controlador PID

El controlador PID (proporcional integral derivativo) es un tipo de controlador realimentado que permite mantener una salida estable, funciona a base de algoritmos calculando y prediciendo el error para controlar la salida, posee distintas configuraciones que se utilizan según el proceso tales como como control de dos posiciones, control flotante, control proporcional, control proporcional integral, control proporcional derivativo, control proporcional integral derivativo.[20] En la ilustración 10 se observa el modelo de un controlador PID de la marca SCHNEIDER.



Ilustración 10. Controlador PID. Fuente.[14]

2.5.3.2 Controlador PLC

El controlador PLC (controlador lógico programable) o autómatas programables es utilizado en el sector industrial por ser capaz de manejar múltiples procesos, se utiliza en sistemas de automatización por su complejidad, robustez y transmisión de datos que permite una comunicación con computadoras y otros sistemas como el control de supervisión, a la vez este también funciona como controlador PID y permite la conexión con más módulos para ampliar el número de I/O del sistema.[21] En la ilustración 11 se observa el modelo de un controlador PLC de la marca Telemecanique de SCHNEIDER.

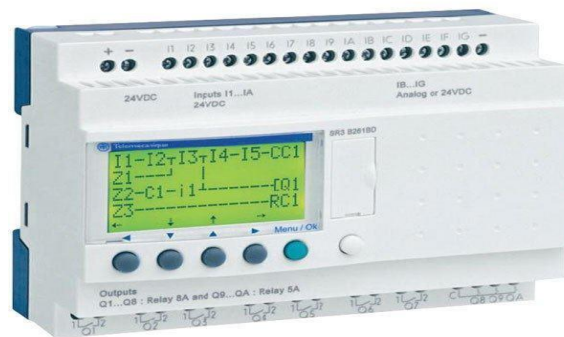


Ilustración 11. Controlador PLC. Fuente.[14]

2.6 NORMATIVIDAD

A continuación, se presenten una serie de normas en las que se basa el desarrollo del proyecto, programación en PLC e interfaz HMI y SCADA.

2.6.1 ISO 9241 – 10

Esta norma me define un diseño ergonómico y conciso en sistemas de supervisión, busca que el operario logre manejar los distintos campos de la interfaz de forma intuitiva y concisa, establece una serie de principios a seguir para un diseño en pantallas coherentes que permitan una fácil interpretación.[22]

2.6.1.1 Aspecto coherente: si vemos en la ilustración 12, el recuadro de la derecha la ubicación de sus elementos se encuentran de forma clara, busca una forma ágil de responder y concisa, el cuerpo humano está acostumbrado a ver los objetos ubicados de forma horizontal lo que permite una breve interpretación del mensaje.[22]

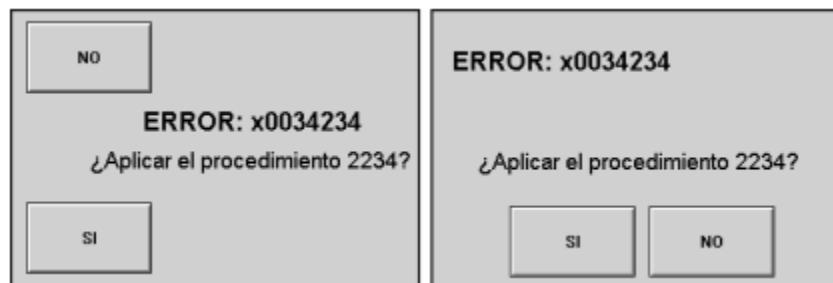


Ilustración 12. Comparación de pantallas coherente. Fuente [22]

2.6.1.2 Indicaciones con claridad y concisos: como se observa en la ilustración 13 en el recuadro de la derecha se sugiere que el título como el mensaje sean breves de entender, el usuario que lo interpreta pueda dar una respuesta rápida.[22]

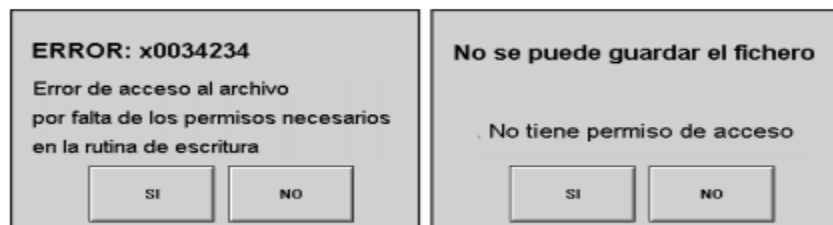


Ilustración 13. Comparación pantallas claras y concisas. Fuente [22]

2.6.2 IEC 60073 y IEC 61301-1

Estas normas en conjunto establecen los fundamentos de seguridad para la interfaz hombre máquina, define los colores para los indicadores y actuadores en pantallas, busca alertar al operador en pantalla, clasifica cada estado de color distinto y se le aporta un significado.[23] Como se muestra en la ilustración 14.

ESTADO DE EQUIPO	COLOR	RGB
Activo	Rojo	255,0,0
Inactivo	Verde	0,255,0
Alarma	Amarillo	255,255,0
Inhabilitado	Gris 50%	128,128,128
Fondo	Gris 25%	191,191,191

Ilustración 14. Tabla asignación de colores de la norma IEC60073. Fuente [23]

2.6.3 ISA 101

La norma pretende estandarizar todo aquello elemento dinámico que se encuentra dentro del desarrollo de la interfaz HMI, define todas las características graficas de la terminología en pantallas, con el propósito de ayudar al usuario a entender los conceptos básicos del estilo de la interfaz desarrollada como color de los elementos dinámicos, indicadores, alarmas, textos, metodología de seguridad, firma electrónica, convenciones de pantallas emergentes, color en el fondo, entre otros.[23]

Esta norma se basa en crear un desarrollo que sea entendible, fácil de interpretar e intuitivo para el operador que se encuentre frente a la pantalla, no se recomienda emplear más de 40 objetos, los objetos que estén conectados en un mismo lazo se recomienda estén juntos o de forma redundante para facilitar la interpretación.[23]

2.6.3.1 SIMBOLOGIA CON INDICADOR ALFANUMERICO

Los símbolos indicadores numéricos deben tener unas características base predefinidas, el indicador debe representar solo un decimal, si es identificado con algún tipo de unidades deberá ser separada por un espacio y el contorno debe ser en color negro para evitar confusión a la vista.[23] Como se observa en la ilustración 15.



Ilustración 15. Forma correcta del indicador numérico. Fuente [23]

2.6.3.2 SIMBOLOGIA EN OBJETOS DINAMICOS SEGÚN SU ESTADO

Los símbolos dinámicos es decir que tienen dos o más estados deben ser representados de un color distinto según el estado actual en el que se encuentre, la norma IEC 60073 estandariza los colores para todo estos elementos donde el objeto activo se identifica con el color rojo y el objeto pasivo se identifica con el color verde. Como se observa en la ilustración 16,17 y 18. Las alarmas se identifican con color amarillo, el cambio de estos dos contrastes permite que el operador lo identifique más fácil, su contorno debe ser de color negro para que resalte.[23]

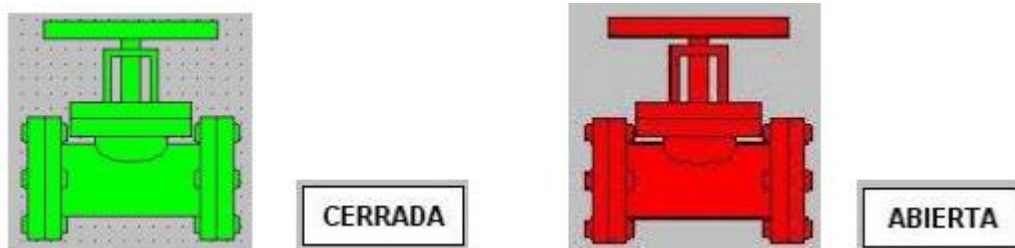


Ilustración 16. Estado del objeto dinámico en una válvula. Fuente [23]



Ilustración 17. Estado del objeto dinámico en un interruptor. Fuente [23]



Ilustración 18. Estado del objeto dinámico en un motor. Fuente [23]

2.6.3.3 INDICADORES ANALOGOS

Este tipo de objetos muestra el estado actual de la variable analógica medida, debe contener indicadores que marquen el límite de disparo de la alarma por nivel y límite de disparo por final, los indicadores deben identificarse con el color de la tabla vista en la ilustración 14.[23] En la ilustración 19 se observa los límites de disparos de las alarmas por medio de los diagramas de barras.

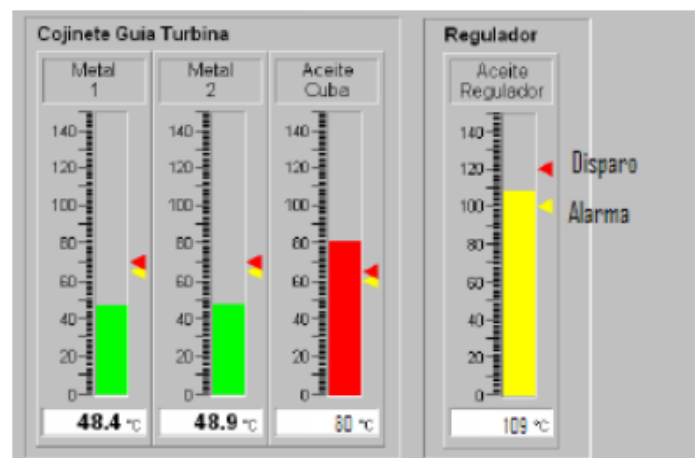


Ilustración 19. Indicador numérico con los limitadores. Fuente [23]

2.6.3.4 FONDO DE LA PANTALLA Y CONTRASTE CON LOS DEMAS OBJETOS

Se recomienda el fondo de la pantalla de color gris al 25%, este color descansa la vista y permite al operador ver más detalladamente la pantalla, además el contraste con los demás objetos e indicadores permiten su fácil identificación.[23] Como se muestra al lado derecho de la ilustración 20.

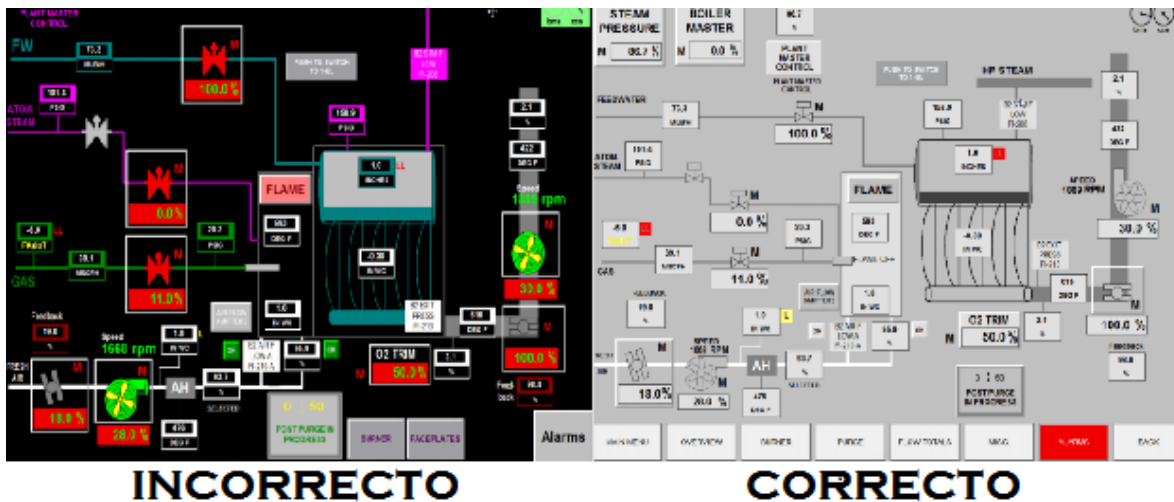


Ilustración 20. Comparación fonda de pantalla en sistema de supervisión. Fuente [24]

2.6.4 Tercera parte de la Norma IEC 61131-3

La sección tercera de esta norma está explícitamente dedicada a los lenguajes de programación de los autómatas programables, debido a la diversidad de controladores, su distinta sintaxis y semántica en el momento de programar, se dio a la necesidad de estandarizar los lenguajes de programación, tipo de datos, variables y gráfico funcional secuencial.[25]

2.6.4.1 Lenguajes de programación para los PLC

De acuerdo con la norma un PLC debe ser capaz de entender 4 diferentes lenguajes de programación que se dividen en literales y gráficos.[25] En la tabla 1 se observan los distintos tipos de lenguaje y la descripción de cada uno.

LENGUAJE	
LISTA DE INSTRUMENTOS IL	Es un tipo de lenguaje ensamblador basado en lista de instrucciones.[25]
ESTRUCTURADO ST	Originario del lenguaje “C” basado en lista de instrucciones.[25]
DIAGRAMA DE CONTACTO LD	Es un lenguaje grafico basado en expresiones booleanas.[25]
DIAGRAMA DE BLOQUES FUNCIONALES	Es un lenguaje grafico basado en bloques de funciones de tipo electrónico y booleano.[25]
GRAFICO FUNCIONAL SECUENCIAL (GRAFCET)	Define el comportamiento secuencial y la estructuración interna de los distintos lenguajes gráficos, manteniendo una estructura global y estándar.[25]

Tabla 1. Tipo de lenguajes de programación. Fuente propia

2.6.4.2 Tipo de datos

Permite definir los tipos de datos como variables, booleanas, números enteros, números reales, byte y palabras en los canales de entradas y salidas análogas de forma estandarizada.[25]

2.6.4.3 Variables

Las variables permiten identificar los tipos de datos, están asociadas a entradas y salida. Y están derivadas como variable local o global.[25]

2.7 MANUFACTURA ESBELTA (lean manufacturing)

La manufactura esbelta o en inglés (Lean Manufacturing) nace del sistema de producción de Toyota (Toyota Production System TPS) que busca traer mejoramiento en la productividad en cuanto a tiempo-costo-beneficio se refiere, eliminar elementos, actividades y procesos innecesarios que no aportan ningún valor agregado al producto y puedan llegar a retrasar su producción.[26]

La manufactura esbelta se conoce como un conjunto de herramientas utilizadas en el sector industrial que busca la reducción de los costos de producción, mejorar la calidad de los productos, reducir el tiempo de operación y fabricación, renovar los procesos de producción, disminuir los desperdicios de la materia prima, satisfacer a los clientes, y generara una mejor rentabilidad y utilidad a la compañía.[27] En la ilustración 21 se observan algunos tipos de herramientas utilizadas para el mejoramiento de la productividad.

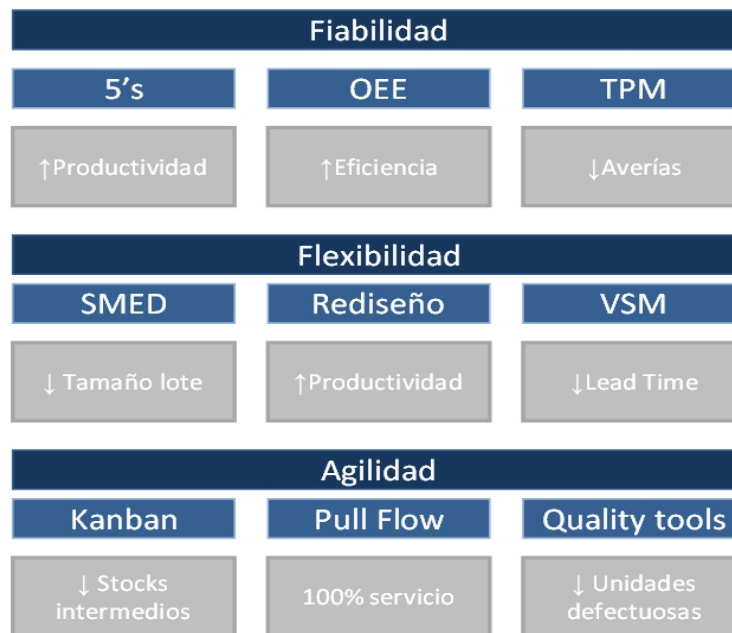


Ilustración 21. Herramientas de la manufactura esbelta. Fuente [28]

2.7.1 Herramientas de la Manufactura Esbelta

Como bien se sabe la manufactura esbelta busca mejorar la calidad de los productos y reducir satisfactoriamente los gastos de la empresa; para lograrlo existen diferentes herramientas conocidas como “Lean Manufacturing Tools”, son más de 25 herramientas que se basan en traer cambios favorables para la compañía.[27] En la tabla 2 se observan un listado de las herramientas más utilizadas en la manufactura esbelta.

Herramientas de Manufactura Esbelta
5S
Y en
Análisis de cuellos de botella
Flujo continuo
Gemba (El Lugar Real)
Heijunka (Nivel de Programación)
HoshinKanri (Despliegue de políticas)
Jidoka (Autonomía)
Justo a tiempo (JIT)
Kaizen (Mejora Continua)
Kanban (PullSystem)
KPIs (indicadores clave de rendimiento)
Muda (residuos)
Eficacia general del equipo (OEE)
PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)
Poka-Yoke (Prueba de error)
Análisis de la causa raíz
Intercambio de un minuto de matrices (SMED)
Seis grandes pérdidas
Objetivos inteligentes
Trabajo estandarizado
Tiempo de Takt
Mantenimiento Productivo Total (TPM)
Mapeo de flujo de valor
Fábrica visual

Tabla 2. Herramientas de la manufactura esbelta. Fuente propia

2.7.2 Las seis grandes pérdidas

Esta herramienta busca la mejora en el desempeño de los procesos de una organización, reduciendo las variaciones, eliminando las causantes de error, defectos y retrasos en el tiempo de los procesos.[29]

Esta herramienta propone mejorar las necesidades de los clientes y se basa en fundamentos estadísticos que se dividen en 3 áreas prioritarias de acción: Satisfacción al cliente, Reducción del tiempo de ciclo, Disminución de los defectos. Así eliminar las seis grandes pérdidas que se denominan: averías, ajustes, pequeñas paradas, velocidad reducida, rechazos de inicio, rechazos de producción.[29]

2.7.3 5S organiza el área de trabajo

El objetivo de esta herramienta es lograr que los empleados en una empresa mantengan el espacio de trabajo en estabilidad, siguen los siguientes pasos[30]

Seleccionar: Eliminar lo que no se necesite

Todo en su lugar: Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material necesario.

Súper limpieza: Hacer una limpieza excepcional.

Estandarización: Establecer las nuevas condiciones como normales.

Sostenimiento: Sostener el esfuerzo para no perder lo avanzado. [30]

2.7.4 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

Es un sistema japonés que se basa en el buen mantenimiento de los equipos, y la responsabilidad de este no solo depende del área de mantenimiento sino en conjunto de toda la empresa, el operador debe manejar la máquina de la manera adecuada, mantener limpia, y evitar posibles fallas. La funcionalidad de la máquina es responsabilidad de todos.[31]

2.7.5 SMED (Single Minute Exchange Die)

En su traducción sería “cambio de matriz en menos de 10 minutos” se desarrolla para reducir el tiempo en el que la maquina se prepara, permite así mismo la producción de lotes más pequeños, si se produce en cambio en la matriz de la máquina de producción se debe preparar antes y cumplir con las siguientes tareas antes de procesar la producción del lote:

1. Preparación interna: Incluye todas las tareas que solo pueden hacerse estando la máquina parada.
2. Preparación externa: Esta clase de preparación incluye las tareas que pueden hacerse con la máquina en funcionamiento.

Esta técnica aplica en la preparación de máquinas, líneas de producción durante las actividades de cambio de modelo, durante el mantenimiento y puede llegar a reducir hasta un 60% el tiempo de las paradas programadas de la máquina.[29]

2.7.6 KPI (Key Performance Indicator)

En español se define como indicador clave de desempeño, es una métrica trazable que se basa en la medición y seguimiento de un objetivo, el uso de esta herramienta es demasiado poderosa ya que nos muestra el comportamiento y el estado según las variables, su déficit o estados críticos, deben ser establecidos cuidadosamente ya que ayuda a la toma de decisiones y busca un mejoramiento en conjunto de la empresa. Dentro del grupo de los indicadores de desempeño hace parte OEE (overall equipment effectiveness) que por medio de porcentajes me especifica el estado del proceso, fallas, o déficit de la maquina [32]

2.7.7 OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Esta herramienta se conoce como una métrica que de forma porcentual indica la eficiencia de la maquina o proceso, también mide déficit caracterizando si el proceso tiene problemas por disponibilidad, rendimiento o calidad, este tipo de herramienta se puede implementar a equipos que como resultado final obtienen un productos bruto el cual puede ser cuantificable y calificables.

2.8 OEE APLICADO A LA INDUSTRIA

2.8.1 Historia del OEE

Originalmente a principios de los 80's el OEE fue escrito por primera vez como un componente de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) del libro seiichinakajima "TPM tenkai". Fue en esta misma década donde el concepto de TPM se dio a conocer por todo el continente Asiático y parte de Europa, donde se realizó la más grande inversión de la época por la compañía FujiPhoto - Film que tenía como objetivo la construcción de 3 fábricas en Holanda donde se implementaron sistemas que permitían medir la eficiencia global de producción (OEE), su objetivo fue llegar a una producción de efectividad del 100%, eliminando todo tipo de pérdidas de tiempo y materia prima.[33]

Alrededor del año de 1995 la empresa SEMATHCH empresa de semiconductores publica una guía de "eficacia de los equipos en general de la productividad de fabricación de semiconductores" donde especifica la como implementar el OEE en fabricación de semiconductores.[33]

A finales de la década de los 90's ARNO KOCH en conjunto con los autores y editores de la "productivity press" publicaron "OEE TOOLKI" Y "OEE FOR OPERATORS" después de estas publicaciones muchas compañías occidentales empezaron hacer uso del OEE.[33]

Por la implementación que las empresas le daban al uso de OEE, Koch decide iniciar en el 2001 la "OEE Industry standard endeavour" donde define y estandariza el uso de la aplicación para las industrias manufactureras del mundo.[33]

Fue en este mismo año cuando Bob Hansen publicó "overall equipment effectiveness" intentando clasificar los pasos para la curva de aprendizaje efectiva para el OEE con énfasis en el mantenimiento y la confiabilidad.[33]

2.8.2 Definición del OEE

La eficiencia global de producción "OEE" es una herramienta estandarizada que se enfoca en medir la eficiencia en equipos que llevan un proceso de producción

industrial, la herramienta mide las variables de “tiempo y unidades de producción”, las cuales son fundamentales para llegar al cálculo del valor de OEE real.

Prácticamente la herramienta hace una comparación entre los valores teóricos de la maquina dados por el fabricante versus los valores medidos de las variables anterior mente nombradas.[34]

La herramienta calcula el valor del OEE combinando 3 elementos fundamentales clave asociados a cualquier proceso de producción los cuales se definen como: disponibilidad, rendimiento y calidad.[34]

2.8.3 Elementos del OEE

2.8.3.1 DIPONIBILIDAD

Este factor se encuentra directamente relacionado con la variable tiempo, aquí se identifica el tiempo que la maquina o proceso trabajo, el factor de disponibilidad depende del tiempo programado en que la maquina empieza a producir (Tiempo teórico) versus el tiempo real en que la maquina produjo (Tiempo Medido), por consiguiente decimos que la disponibilidad está dada por la ecuación 1.[35]

$$\text{DISPONIBILIDAD } (\%) = \frac{\text{TIEMPO DE OPERACION MEDIDO}}{\text{TIEMPO PROGRAMADO DE PRODUCCION}} \times 100$$

Ecuación 1. Para la disponibilidad [35]

De la anterior formula se puede considerar que la disponibilidad nunca va a ser mayor al 100% , puesto que no es posible que trabaje más tiempo del programado en el turno, la disponibilidad solo indica el tiempo que la maquina estuvo produciendo.[35]

Si se Toma como ejemplo una disponibilidad igual al 80% durante un turno de 10 horas, se deduce que el tiempo real en que la maquina estuvo produciendo fue igual a 8 horas de operación, las dos horas restantes en que la maquina estuvo en paro se pudo haber visto afectada por paradas no programadas por algún fallo y por paradas programadas como: parada por cambio de turno, parada por descanso,

parada por mantenimiento, parada de revisión, entre otras. Como se observa en la tabla 3.

Disponibilidad	Hora de Inicio
	Hora de Finalización
	Horas Trabajadas
	Horómetro Inicial
	Horómetro Final
	Horas Operativas
	Receso 1
	Receso 2
	Total Recesos

Tabla 3. Tabla Cálculos de Disponibilidad. Fuente[35]

Tomando en cuenta el tiempo de las paradas nombradas anteriormente se tiene que la disponibilidad está dada por la ecuación 2.[35]

DISPONIBILIDAD (%)

$$= \frac{\text{TIEMPO DE OPERACION}}{\text{TIEMPO PROGRAMADO PRODUCCION} - \text{TIEMPO PAROS PROGRAMADOS}} \times 100$$

Ecuación 2. Formula completa de la disponibilidad [35]

Si se retoma el anterior ejemplo y se añade que el tiempo de paradas programadas fue de 1 hora mientras se cambió de turno; tenemos que la disponibilidad es igual al 90% lo que nos indica que y el 10% faltante representa paradas no programadas o pérdidas de tiempo.[35]

2.8.3.2 RENDIMIENTO

Este factor indica de forma porcentual la velocidad de producción de la máquina, se encuentra directamente relacionada con las unidades producidas en un tiempo específico (velocidad medida) versus la velocidad máxima dada por el fabricante

(velocidad teórica). Por consiguiente se dice que el rendimiento está dado por la ecuación 3. [35]

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{VELOCIDAD DE PRODUCCION}}{\text{VELOCIDAD TEORICA MAXIMA}}$$

Ecuación 3. Formula general del rendimiento [35]

Si se toma como ejemplo un rendimiento igual 80% con una velocidad teórica de 10 unidades producidas por minuto (10 UND/Min), se deduce que velocidad de producción medida es igual a (8 UND/Min). [35]

Puesto que la velocidad de producción es muy dinámica respecto al tiempo, se deduce que el rendimiento en un proceso es dado por la ecuación 4:[35]

$$\text{RENDIMIENTO}(\%) = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{TIEMPO DE PRODUCCION} * \text{VELOCIDAD TEORICA}} * 100$$

Ecuación 4. Formula completa del rendimiento [35]

Se deduce que el rendimiento indica las unidades producidas durante un proceso de producción.[35] En la tabla 4 se definen el valor de las unidades y tiempo que se deben tener en cuenta para calcular el rendimiento.

Desempeño	Hora Estimada de Inicio
	Hora Estimada de Finalización
	Horas Estimadas de Operación
	Hora Real de Inicio
	Hora Real de Finalización
	Horas Reales de Operación
	Unidades Estimadas por Hora
	Total Unidades Estimadas
	Total Unidades Producidas

Tabla 4. Tabla Cálculos de Rendimiento. Fuente[35]

2.8.3.3 CALIDAD

Este factor indica de forma porcentual la calidad del producto producido, es decir el número de unidades buenas y el número de unidades defectuosas, de este factor podemos deducir el número de la materia prima perdido durante el proceso y como llegar a disminuir el déficit del valor de calidad del producto. [35] Como se representa en la ecuación 5.

$$\text{CALIDAD}(\%) = \frac{\text{UNIDADES BUENAS}}{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}} \times 100$$

Ecuación 5. Formula de calidad[35]

Si se toma como ejemplo un lote de 1000 unidades producidas y una calidad del 90% se puede deducir que 900 unidades se produjeron en perfecto estado y 100 unidades presentan algún tipo de defecto, si lo multiplicamos por el valor de producción de cada pieza defectuosa se puede deducir las perdidas en la producción dl lote.[35] En la tabla 5 se definen el valor de las unidades que se deben tener en cuenta para calcular la calidad.

Calidad	Total Unidades Producidas
	Unidades Desechadas
	Unidades a Reproceso
	Unidades de Muestra
	Merma en Unidades
	Total Unidades Aceptadas

Tabla 5. Tabla Cálculos De Calidad. Fuente[35]

2.8.3.4 OEE

El factor del OEE está directamente relacionado con la multiplicación de los factores de la disponibilidad, rendimiento y calidad. Como se muestra en la ecuación 6. Este indica la eficiencia real de la maquina analizada, de este tipo de resultados se puede concluir el déficit de la máquina y en qué área presenta baja productividad.

El OEE es una herramienta que se enfoca en ayudar al supervisor o personal que analice los datos a tomar decisiones que puedan reducir su deficiencia y aumente la efectividad de esta, ya sea por tiempo o productividad de la materia prima producida.[35] En la ilustración 22 se observa los

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}$$

Ecuación 6. Formula de OEE[35]

2.8.4 Las 6 grandes pérdidas del OEE

Las pérdidas que afecta a la eficiencia global de producción durante un proceso esta:

- Paradas / Averías
- Configuración y Ajustes
- Pequeñas Paradas
- Reducción de velocidad
- Rechazos por Puesta en Marcha
- Rechazos de Producción

En la ilustración 22 se observa los distintos tipos de pérdidas desde el tiempo en que se ejecuta un proceso de producción.

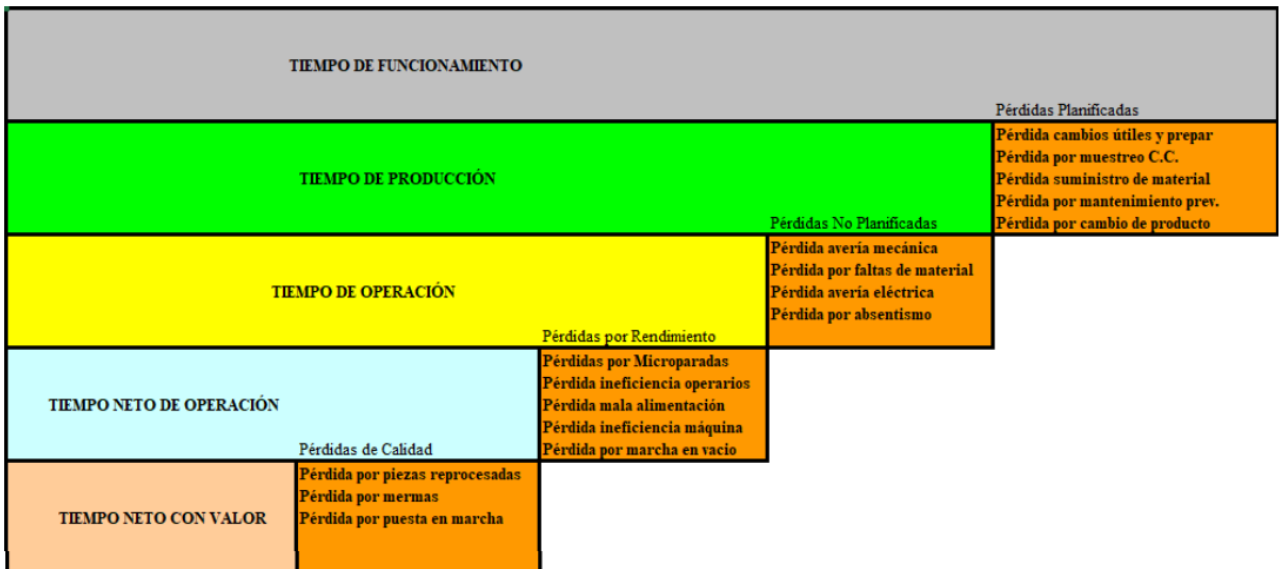


Ilustración 22. Clasificación de los tiempos del OEE. Fuente[36]

2.8.4.1 Pérdida por DISPONIBILIDAD (Pérdida por Tiempo)

Este tipo de pérdida se deduce como el tiempo en el que la máquina debió haber estado trabajando, pero no lo estuvo, durante este tiempo no hay unidades producidas.[37]

2.8.4.1.1 Averías (primera pérdida)

Un tipo de parada inesperada ya sea por un fallo durante el proceso o error del operador por mal manejo produce pérdida de tiempo, se considera perdida desde el momento que la falla aparece, afecta directamente el proceso por que limita la producción.[37]

2.8.4.1.2 Esperas (Segunda Pérdida)

Este tipo de pérdida se produce cuando la maquina o producción se para durante un tiempo programado, ya puede ser por mantenimiento, cambio de turno, descanso de personal, cambio o suministro de un material. Este tipo de paros programado influye directamente en el tiempo donde se deja de producir.[37]

2.8.4.2 Pérdida por RENDIMIENTO (Disminución en la velocidad)

Este tipo de perdida afecta a la maquina indirectamente, durante este tiempo sigue funcionando pero su producción no es óptima debido a que la velocidad en que produce no es la adecuada.[37]

2.8.4.2.1 Microparadas (Tercer Pérdida)

Este tipo de parada se produce cuando la maquina se para repentinamente durante un tiempo corto, esto causa que al momento de arrancar su velocidad es cambiante presentando perdida en tiempo, también se produce por algún problema de sensor, bloqueos u agarrotamiento en la cinta transportadora. Este tipo de problemas afectan la efectividad de la máquina.[37]

2.8.4.2.2 Velocidad Reducida (Cuarta Pérdida)

Este tipo de perdida se define como la diferencia entre la velocidad teórica y la velocidad real, generalmente no se ajusta la maquina a la velocidad máxima

para evitar algún tipo de falla, afectando indirectamente a la producción, este tipo de pérdidas son en algunos casos ignoradas y poco valoradas.

2.8.4.3 Pérdida por CALIDAD (Pérdida de Materia Prima)

Este tipo de pérdidas afecta gravemente la producción, ocurre cuando su producto presenta algún tipo de defecto. No solo se pierde materia prima también el tiempo que toma en producir esa unidad.[37]

2.8.4.3.1 Deshechos (Scrap) (Quinta Perdida)

Son aquellos productos que no cumplen los requerimientos establecidos de calidad, generalmente sucede en el momento de arranque de la maquina u antes de que se estabilice el proceso, este tipo de fallas son casi inevitables, en algunas ocasiones suelen ser vendido como productos de más baja calidad.[37]

2.8.4.3.2 Retrabajos (Sexta Pérdida)

Al igual que la perdida de los deshechos estos tampoco cumplen con los requerimientos establecidos de calidad, pero por su material, contextura y demás pueden ser re hechos evitando perdida de la materia prima pero no perdida del tiempo que toma rehacer el producto. [37] En la ilustración 23 se observa un mapa conceptual de los distintos tipos de pérdidas en cada elemento que compone la herramienta OEE.

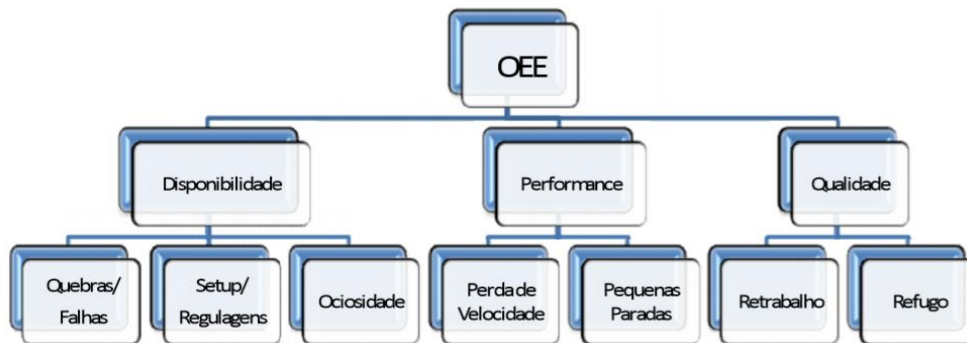


Ilustración 23. Derivación de los tipos de pérdidas del OEE. Fuente [38]

En la tabla 6 se observa una clasificación detallada del tipo de pérdidas por paradas durante un proceso de producción.

Tiempo	Característica	Ejemplo
Tiempo productivo neto	Producción real / estándar	
Tiempo perdido por no conformidades	Fallas por no conformidad	<ul style="list-style-type: none"> • Mermas • Reproceso • Rechazo
Tiempo perdido por operación	Fallas de operación.	<ul style="list-style-type: none"> • Marchas en vacío / Pequeñas paradas • Velocidad reducida • Falla suministro • Mala operación
Tiempo de parada no planificada por equipos	Fallas en los equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánico • Eléctrico • Instrumentación • Servicios Industriales
Tiempo de preparación de equipos	Preparación y ajuste de equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Arranque • Cambio de turno • Cambio de formato • Cambio de producto
Tiempos de parada planificada	Planeamiento y control de la producción	<p>Planeamiento No producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Días / Semana • Meses / Año • Turnos / Día • Almuerzos <p>Ajustes Producción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caída demanda • Falta suministros <p>Mantenimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anual planificado • Preventivo • Predictivo

Tabla 6. Tabla clasificación de los tiempos del OEE. Fuente [36]

3. CAPITULO - DESARROLLO DEL PROYECTO

En el siguiente capítulo se incluyen las actividades que fueron llevadas a cabo en el desarrollo y ejecución de la herramienta OEE para las empresas clientes (Incauca, Cementos Argos, Ingenio Providencia, Cervecería del valle, Colombina, Postobón y Rimax.), las cuales requieren una mejora en sus procesos de producción a partir de los sistema de supervisión que estas manejan.

El OEE siendo un indicador clave de desempeño (KPI) permite el estudio detallado del comportamiento de un proceso, normalmente se ubica dentro de la pirámide de la automatización en el nivel de GESTION, permitiendo a las directivas de una empresa tomar decisiones que mejoren el desempeño de los procesos. Schneider diseña este tipo de herramientas y se puede encontrar en el software “Equipment Efficiency Advisor” el cual recopila información de los PLC y generara múltiples tipos de indicadores que permitan analizar el comportamiento de los procesos de una manera más detallada. [39]

La herramienta OEE diseñada se encuentra ubicada dentro de la pirámide de la automatización en el nivel de CAMPO, factor clave para ser aplicada a sistemas de supervisión en pantallas HMI y SCADA, De esta forma el operario podría tener en cuenta el estado en el que se encuentra la máquina, permitiéndole tomar decisiones que mejoren el proceso de esta.

La implementación de esta herramienta ahorraría significativamente los costos de implementación de otros tipos de software que prestan este mismo servicio como “Equipment Efficiency Advisor”, permitiéndole a las empresas que no cuentan con este tipo de producto obtener un indicador clave de desempeño a partir de sus sistemas de supervisión. Cabe recalcar que la herramienta aplicaría también para otro tipo de empresas clientes futuras que tengan semejanza en sus procesos de fabricación. En la tabla 7 se exponen las actividades a cargo realizadas para el desarrollo de la herramienta.

Nº	ACTIVIDADES DE DESARROLLO	SUBTEMAS
1	DESARROLLO DE PROGRAMACION EN UNITY PRO	-PROGRAMACION UNITY. -BLOQUE DE FUNCION DE USUARIO. -TIPO DE DATO DERIVATIVO.
2	DESARROLLO DE LA INTERFAZ HMI EN EL PROGRAMA VIJEO DESIGNER	-PANTALLA PRINCIPAL. -PANTALLA TOTAL DE DATOS. -PANTALLA DE GRAFICAS. -PANTALLA DE RECETAS. -PANTALLA DE ALARMAS.
3	DESARROLLO DE LA INTERFAZ SCADA EN EL PROGRAMA VIJEO CITECT	-PANTALLA PRINCIPAL. -PANTALLA TOTAL DE DATOS. -PANTALLA DE GRAFICAS. -PANTALLA DE ALARMAS. -PANTALLA INGRESO DE DATOS.
4	MANUAL DE USUARIO DEL OPERADOR PARA LAS INTERFAZ HMI Y SCADA	-MANUAL USUARIO DEL OPERADOR INTERFAZ HMI. -MANUAL DE USUARIO DEL OPERADOR INTERFAZ SCADA.
5	MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMADOR PARA LAS INTERFAZ HMI Y SCADA	-MANUAL USUARIO DEL PROGRAMADOR INTERFAZ HMI. -MANUAL DE USUARIO DEL PROGRAMADOR INTERFAZ SCADA.

Tabla 7. Actividades desarrolladas para el desarrollo de la herramienta.

3.1 PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Según lo planteado con dichas empresas nombradas anteriormente se propuso la implementación de una herramienta genérica la cual aplique en múltiples sistemas de supervisión, permitiendo por medio de indicadores diagnosticar falencias en (tiempos muertos, falta de materiales de fabricación y productos mal fabricados) con el fin de optimizar sus procesos de producción. La herramienta sería aplicada a cualquier tipo de máquinas que obtienen como resultado un producto que pueda ser medible, contable y cualificable. La herramienta OEE debe cumplir con los siguientes requerimientos expuestos en la tabla 8.

Nº	REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO OEE
1	La herramienta debe aplicar para todo tipo de máquina o proceso que obtiene como resultado final un producto cuantificable y cualificable.
2	La herramienta debe ser diseñada para la implementación en sistemas de supervisión HMI Y SCADA, donde se puede visualizar de forma fácil los valores que determinan la eficiencia en la máquina donde aplique.
3	El diseño para la adquisición de datos debe hacerse por medio de un controlador PLC del proceso.
4	La herramienta debe arrojar un resultado final que califique la eficiencia el proceso.
5	Para el sistema SCADA la herramienta debe almacenar los datos en una base de datos en caso de que se quiera hacer un estudio más detallado.
6	Para el sistema en SCADA la herramienta debe generar un reporte claro con gráficas, tablas e imágenes que permita un mejor análisis e interpretación del resultado final OEE.

Tabla 8. Planificación de un proyecto OEE. Fuente propia

Los requerimientos de diseño planteados anteriormente están pensados para que la herramienta de eficiencia global de producción aplique en distintos tipos de máquinas, pantallas HMI, sistemas SCADA Y controladores PLC.

Se debe tener en cuenta que la empresa trabaja como integradora del grupo de Schneider factor clave para la utilización de sus programas de desarrollo, elementos de control y supervisión.

Cómo requisito se debe tener en cuenta los siguientes elementos claves para el funcionamiento de esta.

- Según la maquina o procesos donde aplique debe de contar con un tipo de sensor especial que aplique según el proceso, este debe contar y detectar las unidades defectuosas producidas.
- En caso de alguna falla o tipo de paro, se debe contar con un operador que ayude a identificar el tipo de paro, esto garantiza un valor de eficiencia más preciso

- En el momento de empezar y terminar un proceso ya sea por cambio de turno o algún tipo de paro programado el operador debe finalizar el proceso para generar un resultado de OEE FINAL.

Los requisitos planteados anteriormente son fundamentales al momento del uso de la herramienta, ya que garantizan una precisión en el resultado final OEE.

3.2. DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN PARA EL PAC M340 Y M580.

Después de contextualizar los requerimientos y requisitos necesarios para el diseño y ejecución de la herramienta de eficiencia global de producción OEE, se procedió a elaborar la lógica programable del PAC por medio de la plataforma de programación UNIFY PRO-XL específicamente diseñada para los PAC M340 y M580. En la tabla 9 se exponen la planificación utilizada para el desarrollo de la lógica programable.

Nº	PLANIFICACION DEL DISEÑO DE LA LOGICA PROGRAMABLE
1	Se crea un diagrama de flujo para direccionar la lógica del proyecto.
2	Dentro de la plataforma e UNITY PRO XL se configura las entradas y salidas del PLC y se asigna el direccionamiento.
3	Se crean las variables internas y externas que se van a utilizar y se asigna la dirección.
4	Se asigna las variables de entradas y salidas al bloque de funciones de TIPO DERIVATIVO.
5	Se crea un bloque de funciones de TIPO DERIVATIVO con el fin de entregar una herramienta compacta y fácil de implementar en cualquier tipo de proyecto.
6	Se crea la lógica programable que va a estar embebida dentro del bloque de funciones.

Tabla 9. Planificación del diseño de la lógica programable. Fuente propia

3.2.1 Diseño del diagrama de flujo de la herramienta de eficiencia OEE

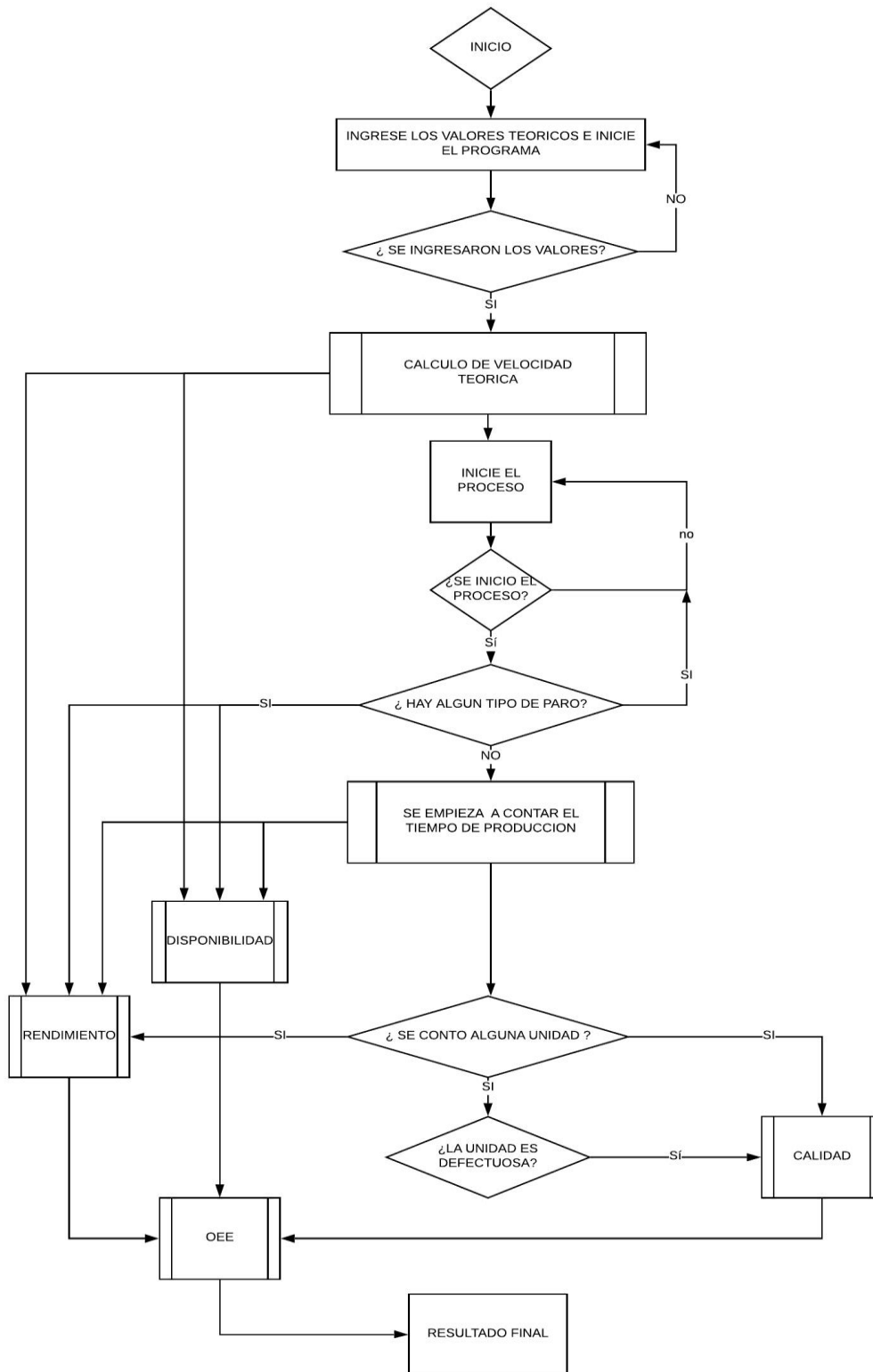


Ilustración 24. Diagrama de flujo del programa OEE. Fuente propia.

3.2.2. Configuración de las entradas, salidas y direccionamiento del PLC

La configuración detallada del PAC seleccionado y desarrollo del pseudocódigo por medio de la plataforma de UNITY PRO se anexa a este documento una guía donde se explica la configuración de este (ANEXO 1).

Dentro de la plataforma de UNITY PRO se configura la estructura del PAC MODICON que se va a utilizar (M340 o M580), se asigna la Fuente, se selecciona la CPU, se configura el protocolo y puerto de comunicación, igualmente los módulos de I/O análogos y digitales que se utilizaran en los autómatas donde aplique la herramienta OEE. En la ilustración 25 se observa la configuración del PAC M340 desde la plataforma de UNITY PRO.

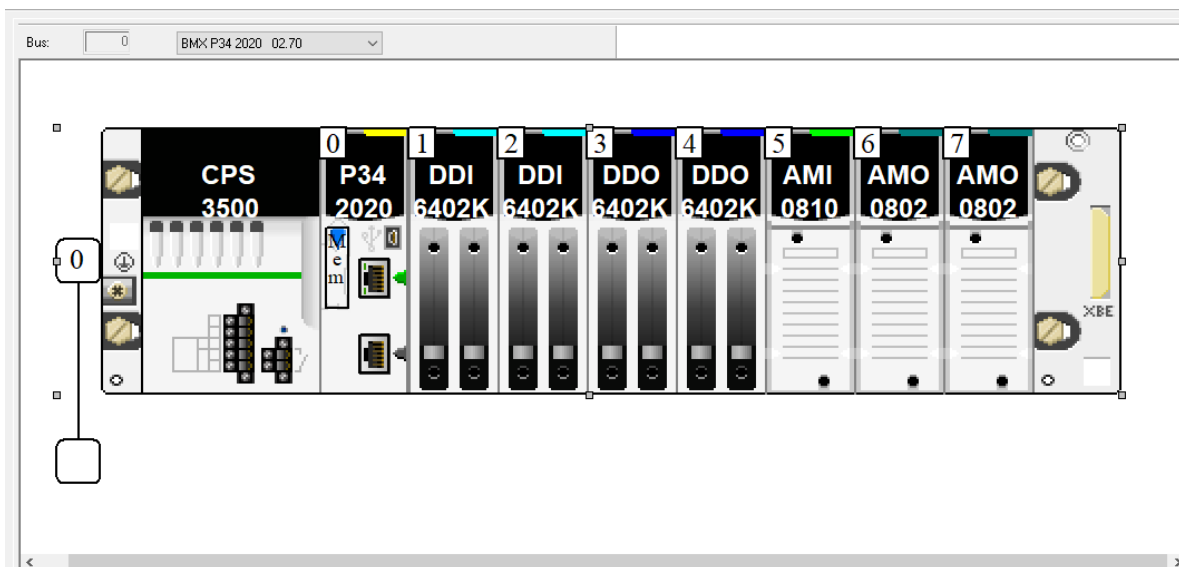


Ilustración 25. Configuración de los módulos de I/O, Fuente y CPU del PAC M580 en UNITY PRO.

Dentro de la configuración de la CPU se ajusta la dirección del puerto de comunicación TCP/IP siendo el medio por el que se comunica el autómatas con el sistema HMI o SCADA. En la ilustración 26 se observa la configuración del módulo de comunicación del PAC M340.

The image shows a configuration window for a PAC M340 module. At the top, there is a dropdown menu for 'Familia de modelo' (Model family) set to 'CPU 2020, CPU 2030 (>= V02.00), PRA 0100'. To the right, 'Dirección del módulo' (Module address) is set to Bastidor: 0, Módulo: 0, Canal: 3. Below this, 'Dirección IP del módulo' (Module IP address) is configured with: Dirección IP: 192.168.10.10, Máscara de subred: 255.255.255.0, and Dirección de pasarela: 0.0.0.0. A navigation bar below contains tabs for Seguridad, Configuración IP (selected), Mensajes, SNMP, SMTP, and Ancho de banda. The 'Configuración de dirección IP' section has two radio buttons: 'Configurada' (selected) and 'Desde un servidor'. Under 'Configurada', the IP address, subnet mask, and gateway are the same as in the top section. Under 'Desde un servidor', there is a text field for 'Nombre del dispositivo'. The 'Configuración Ethernet' section at the bottom has two radio buttons: 'Ethernet II' (selected) and '802.3'.

Ilustración 26. configuración del puerto de comunicación TCP/IP de la CPU.

A medida que se desarrolla la herramienta se debe realizar simulaciones de lo adelantado hasta el momento, para esto es necesario configurar la dirección del dispositivo local “localhost” el cual viene establecida por defecto como (127.0.0.1), como se indica en la ilustración 27. Las plataformas de Unity Pro, Vijeo Designer y Vijeo Citect deben de ser configuradas con la misma dirección del dispositivo local para establecer una comunicación entre estos en el momento de simular la herramienta desarrollada.

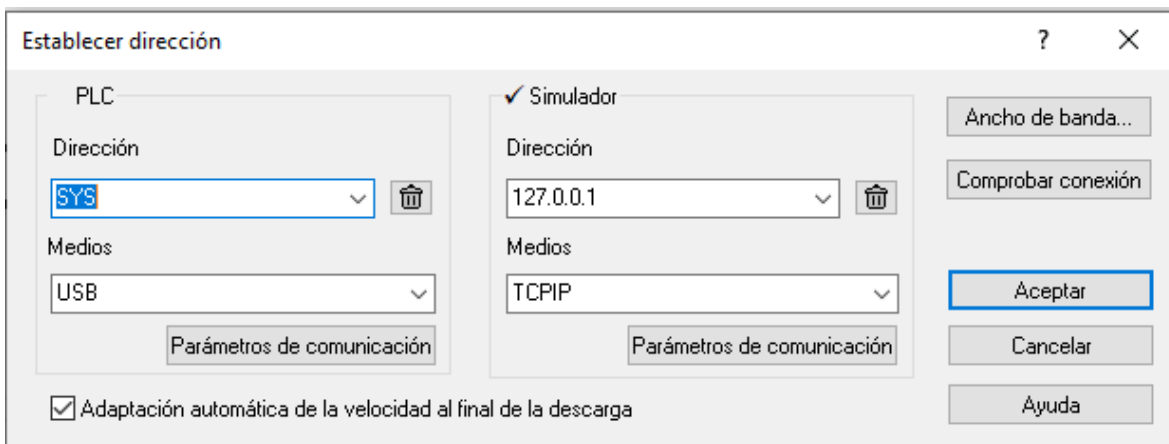


Ilustración 27. Configuración del direccionamiento para la comunicación simulada.

Se crea un programa en “ST” donde se asignan las direcciones de los módulos de I/O análogos y digitales del PACM340 con la dirección de las variables que se utilizaron internamente en el programa. Como se puede observar en la ilustración 28.

```

(*ASIGNACION DE ENTRADAS*)
(*Asignacion de las entradas digitales
 a los modulos de I/O del PAC M430*)

MOVE_AREBOOL_INT(%IO.1.0:16,%MW100);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.1.16:16,%MW101);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.1.32:16,%MW102);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.1.48:16,%MW103);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.2.0:16,%MW104);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.2.16:16,%MW105);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.2.32:16,%MW106);
MOVE_AREBOOL_INT(%IO.2.48:16,%MW107);

```

Ilustración 28. direccionamiento de los módulos de I/O análogos y digitales.

3.2.3. Asignación de las variables

Se crearon las variables de tipo análogas y digitales que se utilizan dentro de la lógica programable y se direcciona con los módulos de I/O del PAC anteriormente vistos. En la ilustración 29 y la tabla 10 se expone un ejemplo de algunas de las variables creadas y utilizadas dentro del programa.

Nombre	Tipo	Comentario	Dirección
MIN_PARADA	INT	VARIABLE QUE CUENTA LOS MINUTOS DE P...	%MW5925
MIN_TRANS	INT	CONTADOR DE LOS MINUTOS	%MW5921
MINUTO_DES	INT	VARIABLE QUE CUENTA LOS MINUTOS DE L...	%MW5941

Ilustración 29. asignación de las variables de programa

DISPONIBILIDAD	%MW5903	INT
RENDIMIENTO	%MW5905	INT
CALIDAD	%MW5907	INT
OEE	%MW5981	INT
TIME_IDEAL	%MW5963	INT
UNI_PRODUCIDAS	%MW5911	INT
UNI_IDEAL	%MW5975	INT
UNI_DEFECTUOSAS	%MW5909	INT
UNI_BUENAS	%MW5913	INT

UNI_MIN	%MW5915	INT
UNI_HORA	%MW5917	INT
SEG_TRANS		INT
X		EBOOL

Tabla 10, Ejemplo de variables utilizadas en UNITY PRO.

3.2.4. Configuración del bloque de funciones

Se crean las variables que se utilizan dentro del bloque de funciones embebido, estas tienen que ser asignadas con las “variables elementales” para que haya una sincronización entre el bloque de funciones y los módulos de I/O análogos y digitales. En la ilustración 30 se expone un ejemplo de alguna de las variables utilizadas dentro del bloque de funciones.

Nombre	Tipo	Comentario
ENTRADAS_ANALOGAS	<Estruct.>	
HORA	INT	
MIN	INT	
UNI_IDEAL	INT	
ENTRADAS_DIGITALES	<Estruct.>	
INICIO	BOOL	
RESET	BOOL	
SEN_MAL	BOOL	
SEN_PRODUCTO	BOOL	
FALLA	BOOL	
INSUMO	BOOL	
MANTENIMIENTO	BOOL	
LLAMADO	BOOL	
BANO	BOOL	
EVENTUAL	BOOL	
DESCANSO	BOOL	
COMER	BOOL	
FINAL	BOOL	
SALIDAS_ANALOGAS	<Estruct.>	
OEE	INT	
DISPONIBILIDAD	INT	
RENDIMIENTO	INT	
CALIDAD	INT	

Ilustración 30. Variables creadas para el bloque de funciones.

En la ilustración 31 se puede observar la forma de asignación de las variables internas del bloque de funciones con las variables direccionadas en los módulos de I/O análogos y digitales.

```
OEE:= MOVE (IN :=SALIDAS_ANALOGI.OEE);
MOVER:=MOVE (IN :=SALIDAS_ANALOGI.MOVER);
DISPONIBILIDAD:= MOVE (IN :=SALIDAS_ANALOGI.DISPONIBILIDAD);
RENDIMIENTO:= MOVE (IN :=SALIDAS_ANALOGI.RENDIMIENTO);
CALIDAD:= MOVE (IN :=SALIDAS_ANALOGI.CALIDAD);
```

Ilustración 31. Asignación de variables del BF a los módulos de I/O.

Por último se crea el bloque de funciones y se asigna el grupo de las variables de “Tipo de Dato Derivativo” creadas anteriormente, al bloque de funciones se le asigna el nombre de “fb_OEE”. Como se observa en la ilustración 32.

Nombre	Nº	Tipo
fb_OEE		<DFB>
<entradas>		
in_digi	1	ENTRADAS_DIGITALES
● INICIO		BOOL
● RESET		BOOL
● SEN_MAL		BOOL
● SEN_PRODUCTO		BOOL
● FALLA		BOOL
● INSUMO		BOOL
● MANTENIMIENTO		BOOL
● LLAMADO		BOOL
● BANO		BOOL
● EVENTUAL		BOOL
● DESCANSO		BOOL
● COMER		BOOL
● FINAL		BOOL
in_analo	2	ENTRADAS_ANALOG...
<salidas>		
out_ANALOGAS	1	SALIDAS_ANALOGAS
● OEE		INT
● DISPONIBILIDAD		INT
● RENDIMIENTO		INT
● CALIDAD		INT

Ilustración 32. Asignación de las entradas y salidas al bloque de funciones.

En la ilustración 33 se expone el bloque de funciones creado donde estará embebido toda la lógica programada.

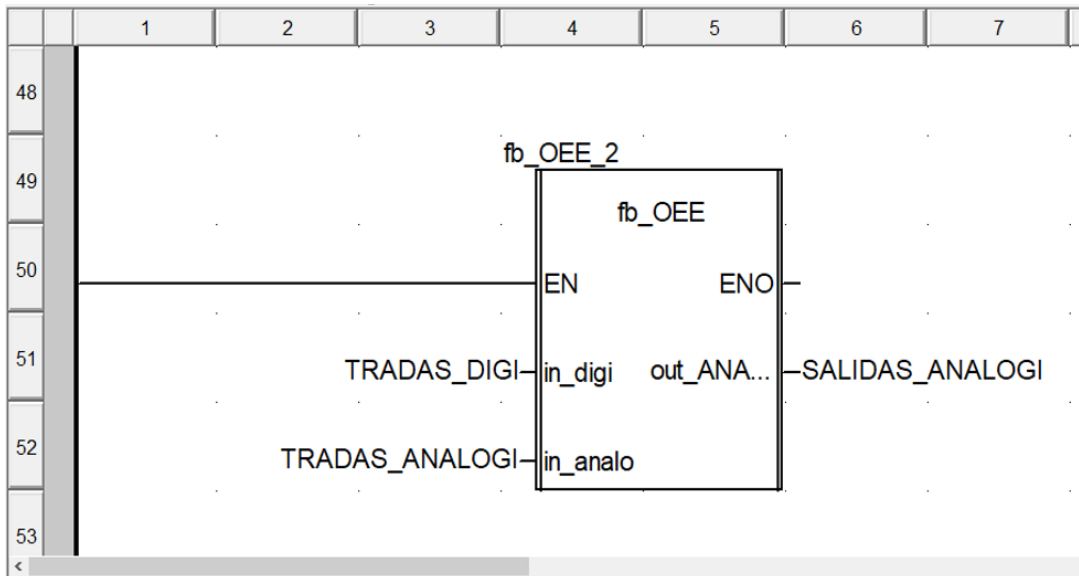


Ilustración 33. Bloque de funciones de tipo derivativo.

3.2.5 lógica programable

Dentro del bloque de funciones de tipo derivativo creado anteriormente se diseña el programa de la herramienta de eficiencia global de producción, el cual se encuentra embebido dentro.

En la ilustración 34 se expone un ejemplo de la lógica de programación diseñada, en este caso se programó en lenguaje ST “texto estructurado” y así hacerlo más compacto debido a que la herramienta utiliza demasiadas operaciones matemáticas.

```
(*TIEMPO TRANSCURRIDO EN MINUTOS Y SEGUNDOS*)
IF %S6=0 AND VARIABLES_INTERNAS.X=0 THEN
  VARIABLES_INTERNAS.X:=1;
ELSIF %S6=1 AND VARIABLES_INTERNAS.X=1 THEN
  VARIABLES_INTERNAS.X:=0;
  VARIABLES_INTERNAS.SEG_TRANS:=VARIABLES_INTERNAS.SEG_TRANS+1;
  out ANALOGAS.SEG_TRANS1:=out ANALOGAS.SEG_TRANS1+1;
  IF out ANALOGAS.SEG_TRANS1 > 59 THEN
    out ANALOGAS.SEG_TRANS1:=0;
    out ANALOGAS.MIN_TRANS:=out ANALOGAS.MIN_TRANS+1;
  END_IF;
  IF out ANALOGAS.MIN_TRANS > 59 THEN
    out ANALOGAS.MIN_TRANS:=0;
    out ANALOGAS.HORA_TRANS:=out ANALOGAS.HORA_TRANS+1;
  END_IF;
```

Ilustración 34. Ejemplo del código de la herramienta OEE.

Ejemplo de la lógica programada

```
(*TIEMPO TRANSCURRIDO EN MINUTOS Y SEGUNDOS*)

IF %S6=0 AND VARIABLES_INTERNAS.X=0 THEN //pregunta si ha contado
                                           un nuevo segundo y
                                           Si el proceso está activo

  VARIABLES_INTERNAS.X:=1;
  ELSIF %S6=1 AND VARIABLES_INTERNAS.X=1 THEN //pregunta si ya
                                               termino de contar
                                               el segundo transcurrido

  VARIABLES_INTERNAS.X:=0;

  VARIABLES_INTERNAS.SEG_TRANS:=VARIABLES_INTERNAS.SEG_TRANS
+1; //cuenta cada segundo transcurrido
```

```

out_ANALOGAS.SEG_TRANS1:=out_ANALOGAS.SEG_TRANS1+1;

IF out_ANALOGAS.SEG_TRANS1 > 59 THEN           //pregunta si llego a 59
                                                //segundo para reiniciar
                                                //a cero.

    out_ANALOGAS.SEG_TRANS1:=0;

out_ANALOGAS.MIN_TRANS:=out_ANALOGAS.MIN_TRANS+1; //cuenta un
                                                    //minuto
END_IF;

IF out_ANALOGAS.MIN_TRANS> 59 THEN           //pregunto si llego a 59
                                                //minutos para reiniciar a cero.

out_ANALOGAS.MIN_TRANS:=0;

out_ANALOGAS.HORA_TRANS:=out_ANALOGAS.HORA_TRANS+1;
                                                    //contador de horas

END_IF;

```

3.3. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA OEE APLICADA EN PANTALLAS HMI.

La configuración detallada de la pantalla HMI seleccionada y asignación de las variables por medio de la plataforma de Vijeo Designer, se especifica en el anexo a este documento (ANEXO 2).

Después de obtener el programa dentro de un bloque de funciones, se prosiguió a elaborar el diseño de la interfaz para pantallas HMI utilizando la plataforma de Vijeo Designer.

El desarrollo de la herramienta aplicada a sistemas HMI brinda la oportunidad de interactuar con los resultados obtenidos del OEE y a la vez con la maquina a la que se le realiza el estudio, debido a que ambos elementos se encuentran en el campo, el operador que se encuentra al cargo de la maquina tiene la posibilidad de interactuar con la herramienta la cual le permite un análisis del estado del proceso por medio de gráficas y valores porcentuales de donde se deduce el valor del OEE.

Se consideraron estas especificaciones de diseño para la herramienta OEE.

- Se configura el tipo de pantalla, el puerto de comunicación IP.
- Asignación y direccionamiento de las variables en Vijeo Designer que comparten los datos con el autómata programable.
- Se diseña dos paneles de datos fundamentales que permiten observar el estado de las variables en tiempo real.
- Se diseña un panel grafico que permite ver el comportamiento de las variables que definen el OEE.
- Se diseña un panel que genera el resultado al final del proceso con la respuesta del estudio hecho por la herramienta.

3.3.1. Configuración de la pantalla HMI

Primero se configuro el tipo de pantalla, la resolución según el modelo y el puerto de comunicación se debe tener en cuenta que para la herramienta se hacen pruebas por medio de simulaciones por lo que se le configura la misma dirección del PLC al momento de compartir los datos. En la ilustración 35 se observa la configuración de la pantalla HMI utilizada para el desarrollo de la interfaz.

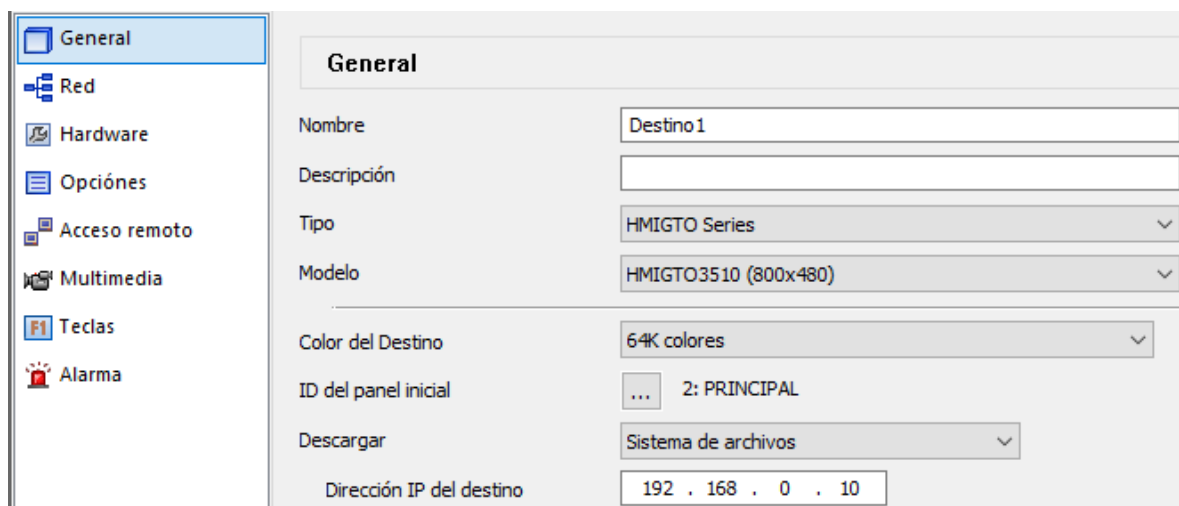


Ilustración 35. Configuración de la pantalla HMI.

Dentro del navegador de proyecto en la carpeta de “dispositivos de E/S” se creó un dispositivo con el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP y se configuro con la misma dirección del UNITY PRO “127.0.0.1” para asegurar la comunicación entre esta y PAC M340. En la ilustración 36 se observa la configuración de la dirección de la pantalla HMI.

The image shows a software configuration window titled "Configuración del equipo". The window is divided into several sections:

- Dirección del Equipo:**
 - Dirección IP: 127 . 0 . 0 . 1
 - ID de la Unidad: 255 / 255
 - Conexión secundaria
 - Copia de seguridad del IP: 0 . 0 . 0 . 0
- Protocolo:**
 - Protocolo de IP: TCP
- Optimización de la Comunicación:**
 - Longitud de Trama preferida: 120 bytes
- Administración del Diccionario de datos:**
 - Precargar Diccionario de datos para las modificaciones online
 - Variables de la CPU redundantes de M580
- Other settings:**
 - IEC61131 Sintaxis
 - Modo de dirección: 0-basado (Predetermina)
 - Variables:
 - Orden palabra de doble palabra: Primera palabra alta
 - ASCII Mostrar orden de byte: Primer byte bajo

At the bottom right, there are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda".

Ilustración 36. Configuración del puerto de comunicación Modbus TCP/IP.

3.3.2. Asignación y direccionamiento de las variables

Después de configurar el puerto de comunicación se declararon las variables internas y externas donde se asignó un espacio de memoria en la HMI para cada una de estas. El direccionamiento de las variables debe ser el mismo tanto en Unity Pro como en Vijeo Designer para que se efectuó la transmisión de los datos. En la tabla 11 se expone un ejemplo de algunas de las variables utilizadas.

Variable	tipo	Dirección	Descripción
INICIO1	DIGITAL	%M193	Inicializa el proceso.
RESET1	DIGITAL	%M189	Resetea los valores.
DISPONIBILIDAD1	INT	%MW903	Guarda el valor de la disponibilidad.
RENDIMIENTO1	INT	%MW905	Guarda el valor del rendimiento.
CALIDAD1	INT	%MW907	Guarda el valor de la calidad.
HORA1	INT	%MW971	Guarda las horas de producción.
MIN1	INT	%MW973	Guarda los minutos de producción.

Tabla 11. Ejemplo variables asignadas en Vijeo Designer.

3.3.3. Diseño de los paneles principales del OEE

En la interfaz diseñada para la herramienta OEE se puede observar los datos principales del sistema como los factores que establecen el valor OEE, los tiempos del proceso, las unidades de producción, su velocidad y el estado actual del proceso.

El siguiente panel es el principal, en él se encuentra la información necesaria del proceso, está dividido en 4 zonas como se puede observar en la ilustración 37 y tabla 12.

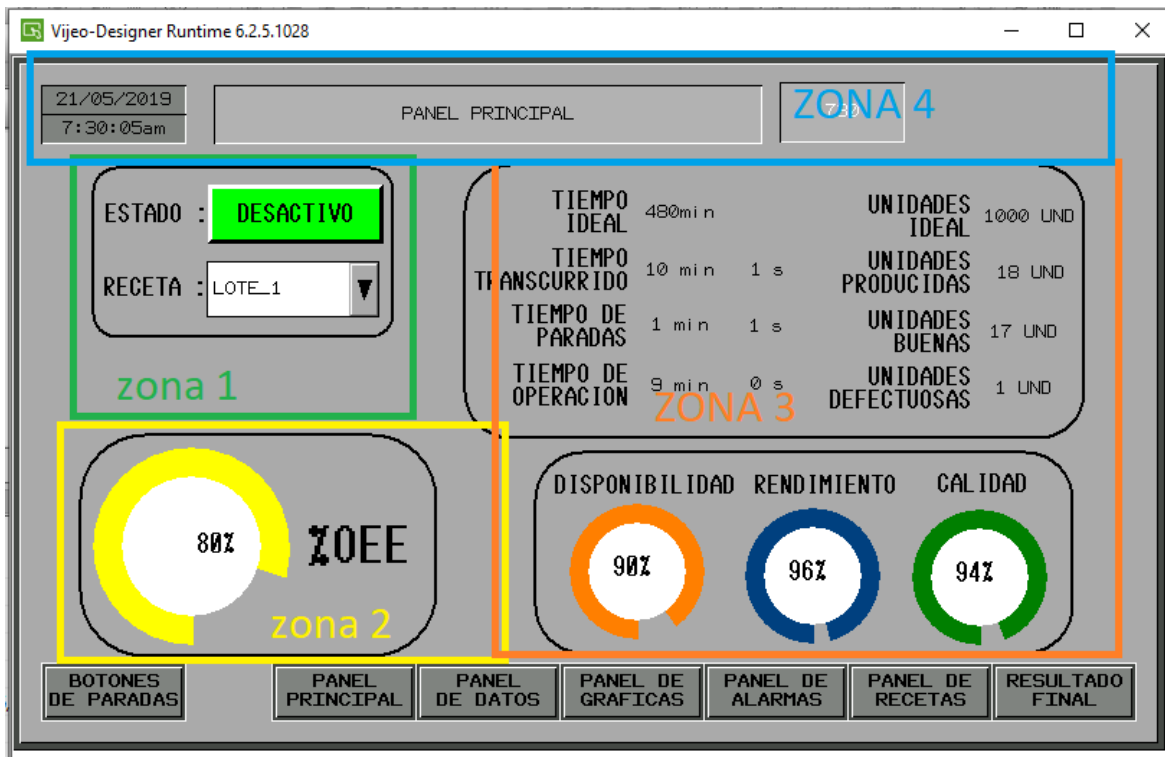


Ilustración 37. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz HMI.

Nº de zona	Definición
Zona 1	Indica el estado actual del proceso junto a la receta que se utiliza.
Zona 2	Indicador de la variable OEE actual.
Zona 3	Indica los datos fundamentales que conforma el valor de la eficiencia OEE.
Zona 4	Indica la fecha, hora, nombre del panel y alarma generada.

Tabla 12. Descripción del panel principal de la interfaz HMI.

El siguiente panel indica todos los datos del proceso, y se encuentra dividido en 5 zonas según el tipo de dato que contiene, ya sea por tiempo, unidades de producción, velocidad tiempo de las paradas e información del panel. Como se observa en la ilustración 38 y la tabla 13.

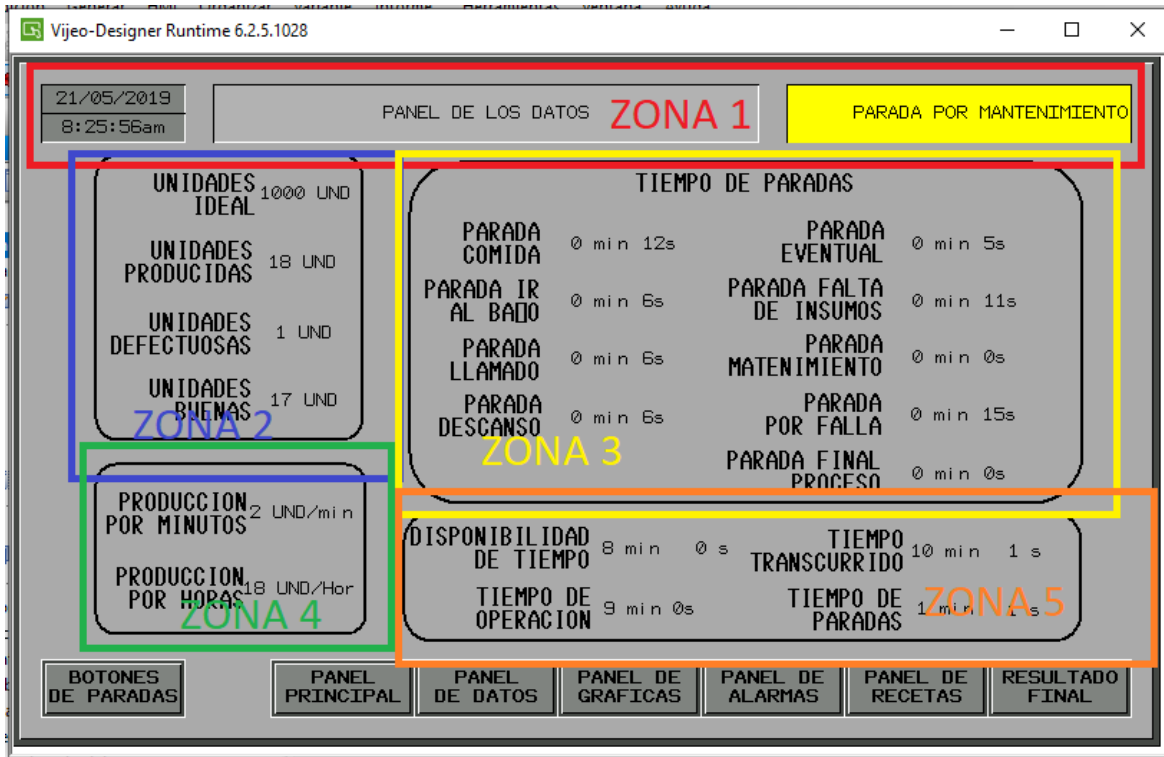


Ilustración 38. Panel de los datos completos de la herramienta de OEE dentro de la interfaz HMI.

Nº de zona	Definición
Zona 1	Indica el nombre del panel, la fecha hora y alarmas.
Zona 2	Indica el valor de todas las unidades de producción.
Zona 3	Indica todos los valores del tiempo de las paradas.
Zona 4	Indica la velocidad de producción de la máquina.
Zona 5	Indica todos los valores de tiempo de producción.

Tabla 13. Descripción del panel de datos primordiales dentro de la interfaz HMI.

3.3.4. Diseño del panel gráfico

Como se expone en la ilustración 39 y la tabla 14 en este panel se puede observar la gráfica de los registros de las variables OEE, Disponibilidad, Rendimiento y

Calidad. Datos fundamentales para analizar el comportamiento desde el momento en que inicializa la maquina sus funciones hasta que las termina.

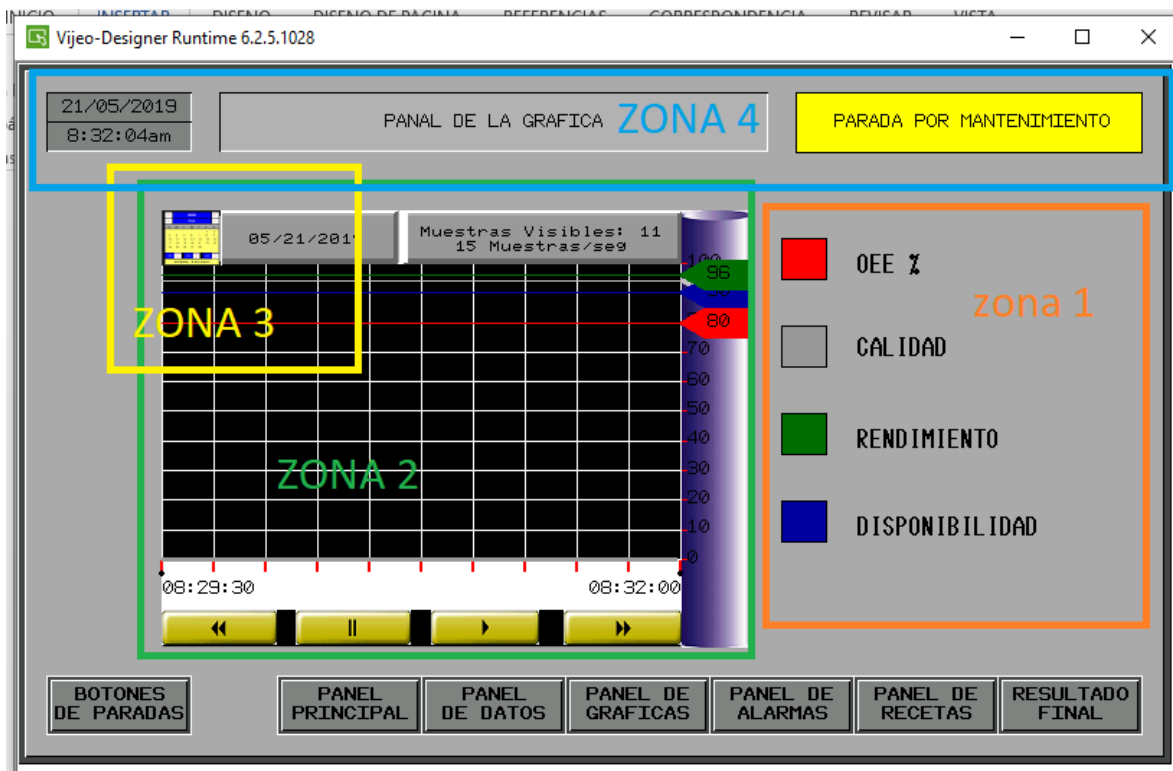


Ilustración 39. Panel gráfico de las variables fundamentales del OEE dentro de la interfaz HMI.

Nº de zona	Definición
Zona 1	Indica la leyenda de la gráfica de cada variable medida.
Zona 2	Muestra el comportamiento de las variables de forma gráfica.
Zona 3	Presionando el botón puedo entrar a la configuración de la gráfica para ver los valores anteriormente tomados.
Zona 4	Indica el nombre del panel junto a la hora, fecha y alarmas.

Tabla 14. Descripción del panel gráfico de la interfaz HMI.

3.3.5. Panel del resultado final

Como se expone en la ilustración 40 y 41 Este panel genera el resultado final al terminar el proceso, haciendo una breve comparación entre los valores medidos con los valores teóricos y clasificando el proceso según el valor resultante OEE.

	Valor ...	Etiqueta	Nombre de la fuente
Inváli...			FuentePredeterminada
5	2	65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso	FuentePredeterminada
1	3	75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar	FuentePredeterminada
2	4	85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena c	FuentePredeterminada
0	0	ESPERANDO EL FINAL DEL PROCESO PARA DIAGNOSTICAR UN	FuentePredeterminada
4	1	OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas ecoi	FuentePredeterminada
3	5	OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competi	FuentePredeterminada

Ilustración 40. Tipos de resultados según el valor OEE obtenido.

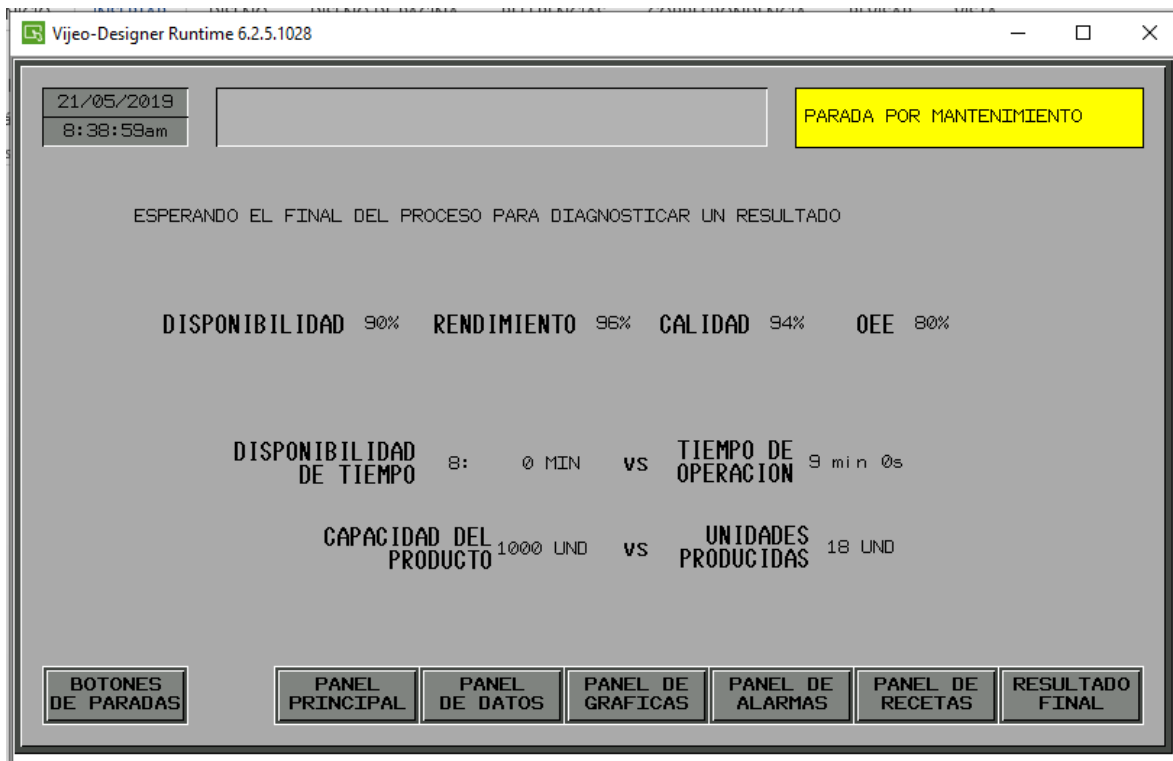


Ilustración 41. Panel de resultados final de la interfaz HMI.

3.4. DISEÑO DE LA INTERFAZ DE LA HERRAMIENTA OEE APLICADA A SISTEMAS SCADA.

Para la configuración detallada del SCADA y asignación de las variables utilizadas por medio de la plataforma de Vijeo Citect, se anexa a este documento una guía donde se explica la configuración de esta (ANEXO 3).

Al igual que la interfaz HMI el desarrollo de esta interfaz para sistemas de supervisión en SCADA utiliza el mismo bloque de funciones desarrollado en UNITY PRO, y las mismas variables que se asignaron al desarrollo de las pantallas HMI, el desarrollo de la interfaz para sistemas SCADA se realizó en la plataforma de Vijeo Citect.

El desarrollo de la herramienta OEE aplicada a sistemas SCADA permite que el usuario a través de la pantalla analice el comportamiento de las variables fundamentales que definen el valor OEE del proceso, la herramienta está conformada por distintos tipos de pantallas que generan información adicional como: tiempo, unidades de producción, velocidad de producción, graficas, valores porcentuales y reportes con toda la información necesaria para definir el resultado final del proceso.

Se consideraron estas especificaciones de diseño para la herramienta OEE.

- En la plataforma de CITECT se configura los campos del proyecto como el clúster, puerto de comunicación, dispositivo, equipo, el dispositivo de E/S.
- Asignación y direccionamiento de las variables en Vijeo Citect que comparten los datos con el autómata programable.
- Se diseñó dos paneles de datos fundamentales que permiten observar el estado de las variables en tiempo real.
- Se diseñó un panel grafico que permite ver el comportamiento de las variables que definen el OEE.

- Resultado final del proceso por medio de reportes que me indican el valor resultante de la herramienta.

3.4.1. Configuración del proyecto SCADA

Para el uso de la herramienta en el sistema SCADA, se debe configurar el clúster, equipo, y dispositivo de E/S promedio de la plataforma de Citect. Se creó un clúster el cual contiene los servidores de: variables, alarmas, tendencias y reportes. Como se observa en la ilustración 42. Después se configuro un dispositivo de entradas y salidas, con la dirección "127.0.0.1" la misma utilizada en UNITY con el fin de comunicar estos dos programas en el momento de la simulación. Como se observa en la ilustración 43.

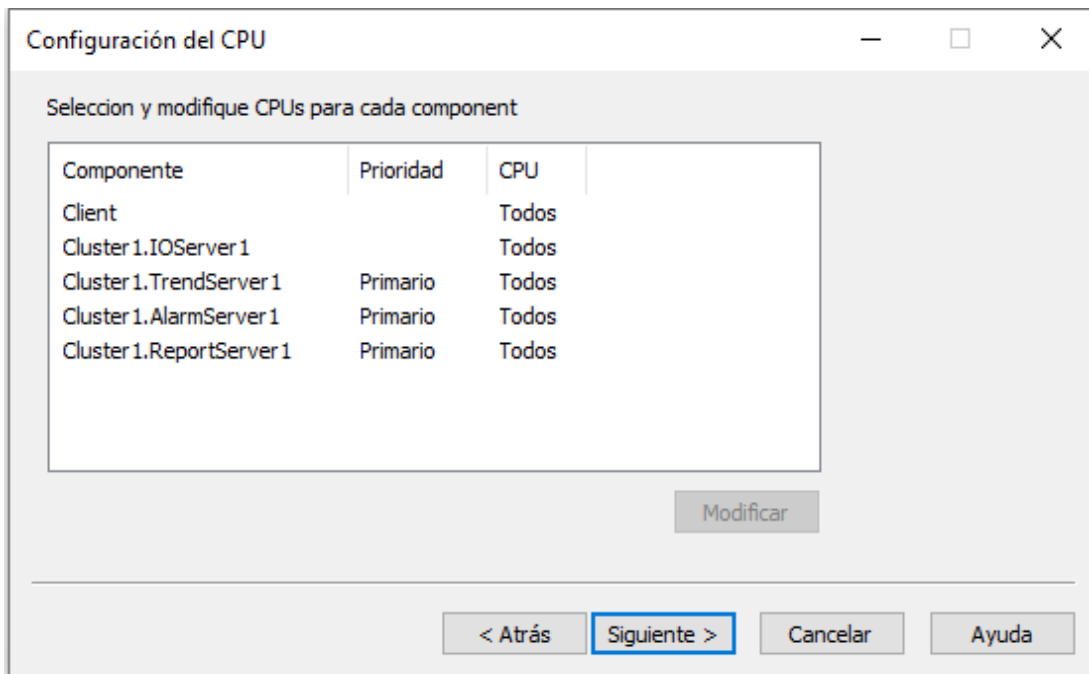


Ilustración 42. Configuración servidores del clúster.

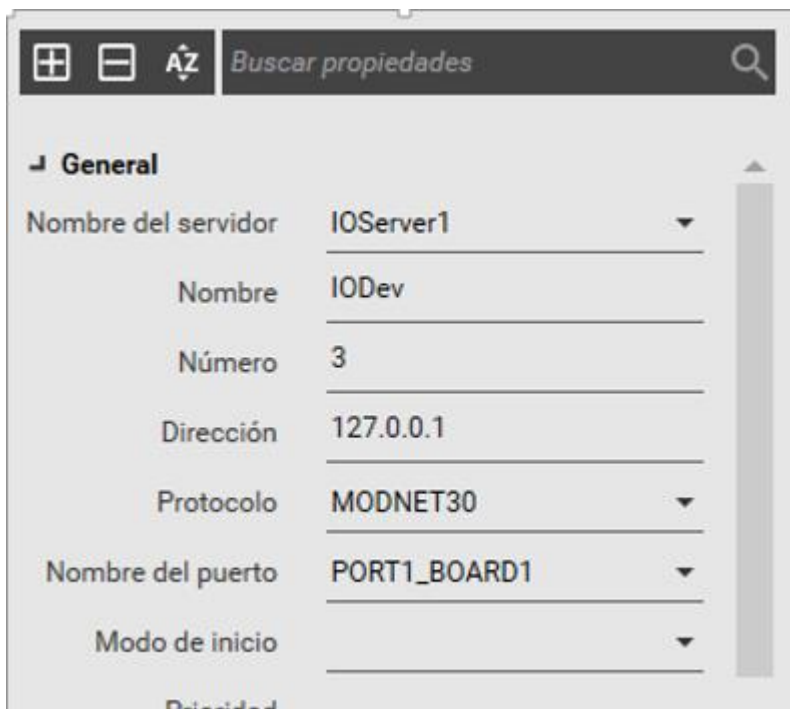


Ilustración 43. Configuración del dispositivo de entradas y salidas.

3.4.2. Asignación y direccionamiento de las variables

Después de configurar la comunicación entre Unity Pro y Vijeo Citect se asignan y direccionan las variables. En la ilustración 44 y la tabla 15 se expone un ejemplo de las variables asignadas en Citect.

Fila	Equipo	Nombre del ítem	Nombre de etiqueta	Tipo de datos	Dirección	Nombre del clu
9	a	RESET1	RESET1	DIGITAL	%M5189	Cluster1
10	a	DISPONIBILIDAD1	DISPONIBILIDAD1	INT	%MW5903	Cluster1
11	a	RENDIMIENTO1	RENDIMIENTO1	INT	%MW5905	Cluster1

Ilustración 44. Ejemplo asignación de las variables en Citect.

Nombre	Tipo	Dirección	Clúster	Dispositivo
INICIO1	DIGITAL	%M5193	Cluster1	IODev
RESET1	DIGITAL	%M5189	Cluster1	IODev
DISPONIBILIDAD1	INT	%MW5903	Cluster1	IODev
RENDIMIENTO1	INT	%MW5905	Cluster1	IODev
CALIDAD1	INT	%MW5907	Cluster1	IODev
HORA1	INT	%MW5971	Cluster1	IODev
MIN1	INT	%MW5973	Cluster1	IODev
UNI_IDEAL1	INT	%MW5975	Cluster1	IODev
SEN_MAL1	DIGITAL	%M5188	Cluster1	IODev

SEN_PRODUCTO1	DIGITAL	%M5187	Cluster1	IODev
FALLA1	DIGITAL	%M5195	Cluster1	IODev
INSUMO1	DIGITAL	%M5192	Cluster1	IODev

Tabla 15. Ejemplo variables asignadas en Vijeo Citect.

3.4.3. Interfaz de la herramienta OEE en SCADA.

En la interfaz diseñada para la herramienta OEE se puede observar los datos principales del sistema como los factores que establecen el valor OEE, los tiempos del proceso, las unidades de producción, su velocidad y el estado actual del proceso.

En la ilustración 45 y la tabla 15 se expone ventana de la interfaz diseñada que contiene los valores fundamentales que determinan el valor de OEE, junto a los tiempos de operación en el proceso de producción.

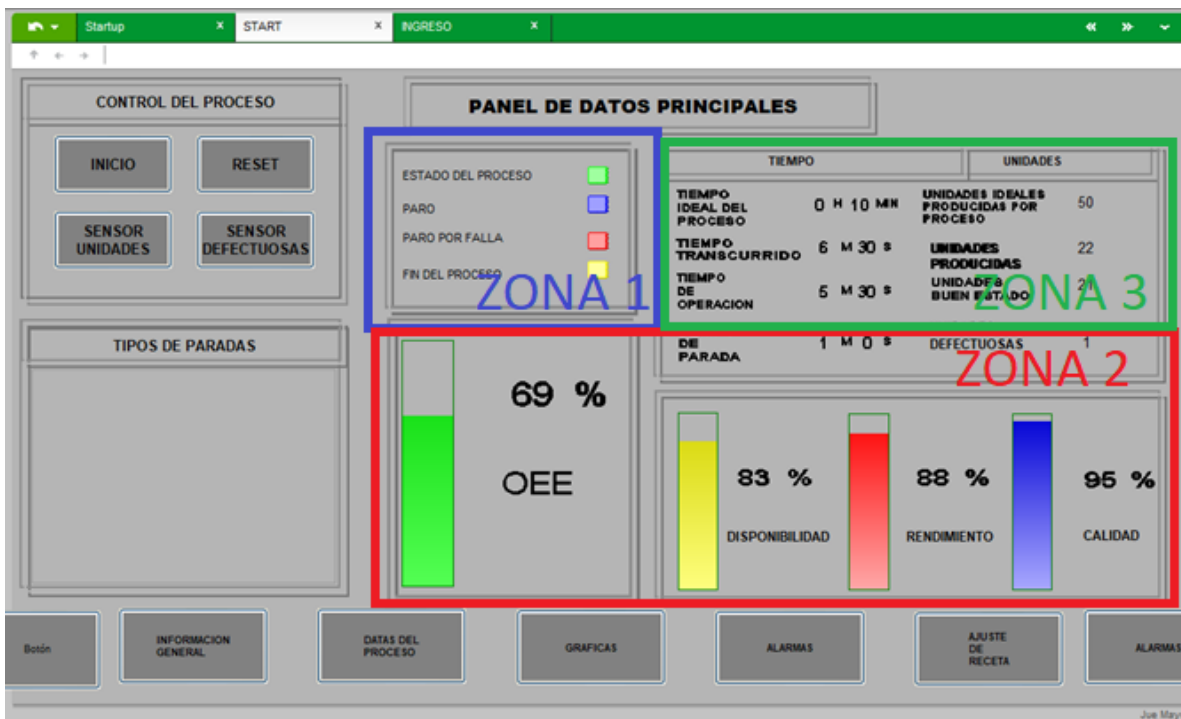


Ilustración 45. Panel de los datos principales del SCADA.

Nº de zona	Definición
Zona 1	(INDICADOR ESTADO DEL PROCESO) mediante indicadores piloto muestra el estado actual en el que se encuentra el proceso.
Zona 2	(GRAFICAS DE LOS VALORES FUNDAMENTALES DEL OEE) por medio de gráficas y porcentuales indica el valor en el que se

	encuentra la DISPONIBILIDAD, RENDIMIENTO, CALIDAD Y OEE. Valores claves que me define la aplicación.
Zona 3	(DATOS FUNDAMENTALES) mediante indicadores numéricos muestra los valores más importantes del proceso como son: el tiempo y las unidades de producción.

Tabla 16. Descripción del panel principal del SCADA.

En la ilustración 46 y la tabla 17 se expone la ventana que contiene todos los datos del proceso de tiempo, velocidad, unidades de producción y valor determinante del OEE.

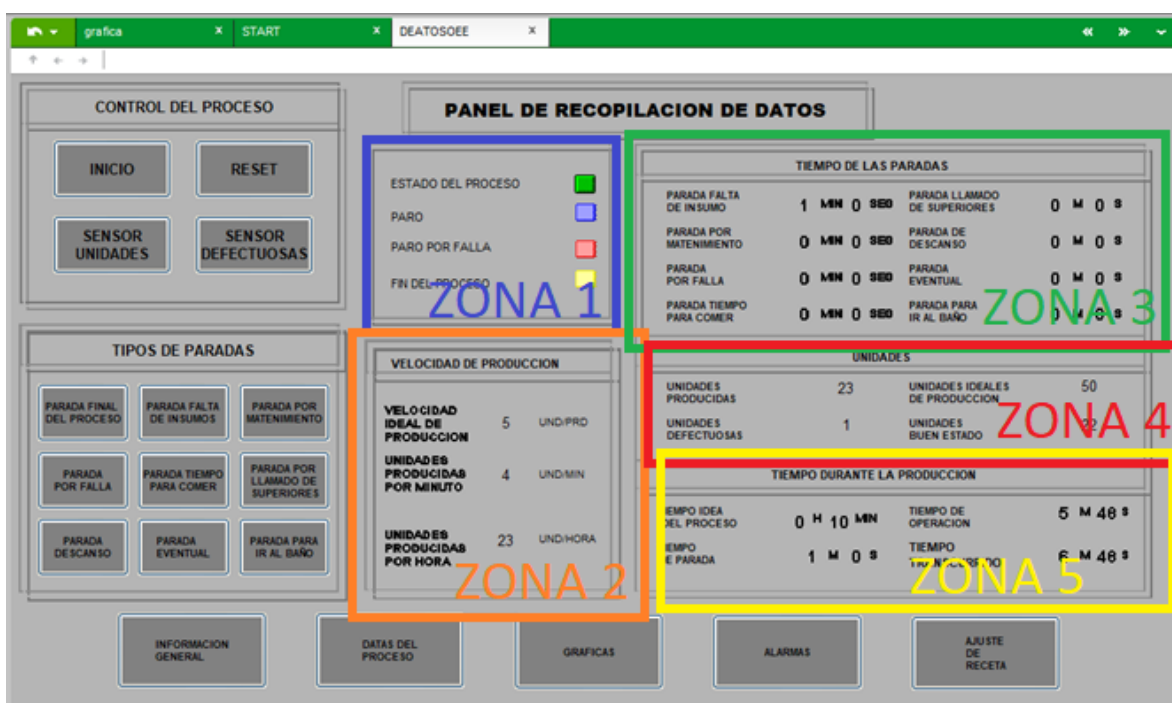


Ilustración 46. Ventana de los datos principales dentro del SCADA.

Nº de zona	Definición
Zona 1	(INDICADOR ESTADO DEL PROCESO) mediante indicadores piloto muestra el estado actual en el que se encuentra el proceso.
Zona 2	(VELOCIDAD DE PRODUCCION) indica la velocidad de producción teórica y la actual del proceso.
Zona 3	(TIEMPO DE LAS PARADAS) indica el tiempo de todo el tipo de paradas que permite el proceso.

Zona 4	(UNIDADES DE PRODUCCION) indica el número de unidades producidas, unidades buenas y unidades malas fabricadas durante el proceso.
Zona 5	(TIEMPO OPERACIÓN DEL PROCESO) indica los tiempo de trabajo de la máquina.

Tabla 17. Descripción de la ventana de los datos principales del SCADA.

En la ilustración 47 se expone La ventana que permite visualizar de forma gráfica los valores fundamentales del OEE, por medio de la herramienta de processanalyst, además guardar en una tabla de Excel los valores graficados.

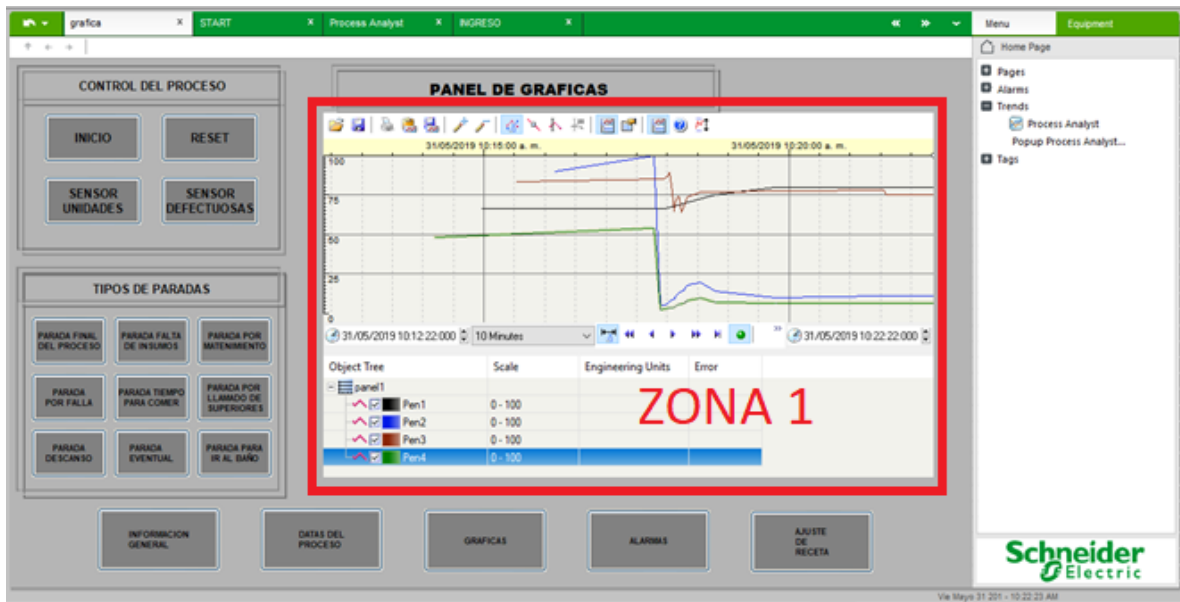


Ilustración 47. Ventana de visualización gráfica.

3.5.3. Reportes generados través de Vijeo Citect.

La plataforma de Citect tiene la opción de generar reportes compactos, para esto es necesario crear un archivo en formato (.rtf) donde se guardara la información de este. En la ilustración 48 se observa un ejemplo del archivo creado. Este reporte permite la visualización de las variables,) fecha y hora, los reportes se abren a través del programa Microsoft Word con la opción actualizar los valores cada vez que se genere. En la ilustración 49 se observa un ejemplo del reporte creado.



The image shows a configuration window for report settings. It is divided into two sections: 'General' and 'Proyecto'. The 'General' section contains several fields: 'Nombre del informe' (Informe), 'Nombre del cluster' (Cluster1), 'Hora', 'Periodo', 'Disparador', 'Archivo de formato de' (Informe.rtf), 'Dispositivo de salida' (InformeLog), 'Comentario', 'Privilegio', and 'Área'. The 'Proyecto' section contains one field: 'Proyecto' (OEE_CITECT). All dropdown menus are currently closed.

General	
Nombre del informe	Informe
Nombre del cluster	Cluster1
Hora	
Periodo	
Disparador	
Archivo de formato de	Informe.rtf
Dispositivo de salida	InformeLog
Comentario	
Privilegio	
Área	
Proyecto	
Proyecto	OEE_CITECT

Ilustración 48. Configuración formato de informe de Vijeo Citect.

12:45:59 PM	17/06/2019
<p>INFORME GENERAL SISTEMA DE EFECTIVIDAD DE PRODUCCION OEE</p> <p>BASADO EN LAS GRAFICAS Y MUESTRAS TOMADAS DEL SISTEMA DE SUPERVISION EN EL PROCESOS DEL EQUIPO. SE PUDO CONCLUIR LA SIGUIENTE DEFINICION:</p> <p>- EL VALOR DE EFECTIVIDAD EN LA PRODUCCION (OEE) DEL EQUIPO FUE MENOR QUE AL 65%, SE DICE QUE ES UN PROCESO INACAPTABLE. SE PRODUCEN IMPORTANTES PERDIDAS Y DESAPROVECHAMIENTO DEL SISTEMA.</p>	
<p>TIEMPOS DEL PROCESO</p>	
TIEMPO DE TRANSCURRIDO:	0: 1:24
TIEMPO DE OPERACION:	0: 1:12
TIEMPO DE PARADAS:	0:12
<p>UNIDADES DE PRODUCCION</p>	
UNIDADES PRODUCIDAS:	4
UNIDADES BUENAS:	3
UNIDADES DEFECTUOSAS:	1
<p>INDICADORES QUE DEFINIEN LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO</p>	
OEE:	42%
DISPONIBILIDAD:	85%
CALIDAD:	75%
RENDIMIENTO:	67%

Ilustración 49. Reporte final generado en Word

3.5.4. Sincronización entre Citect y la basa de datos de Access

Para la recopilación de los datos de Vijeo Citect a la base de datos de Microsoft Access es necesario la instalación de un controlador (ODBC) que permite la comunicación entre estos dos programas, la transmisión de los datos se establece a partir de código SQL desde la plataforma de Citect.

Después de haber instalado el controlador “ODBC” se vinculó el proyecto de Vijeo Citect en el que se está trabajando seguido de la configuración de Citect desde la pantalla de ciccode en lenguaje SQL. Como se observa en la ilustración 50 y la ilustración 51.

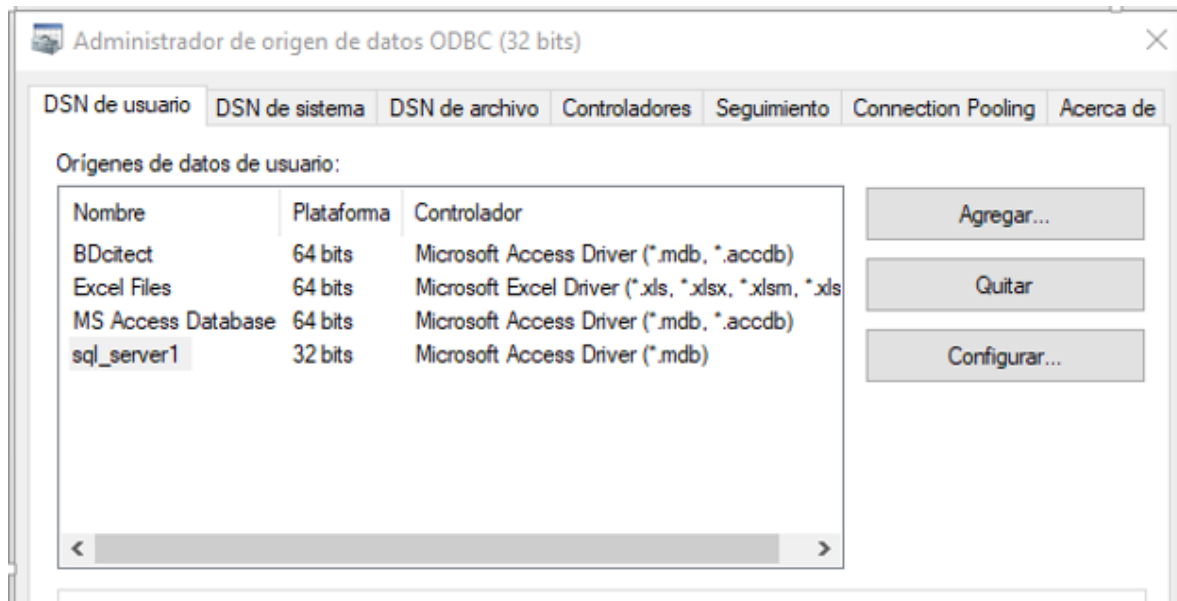


Ilustración 50. Configuración del controlador ODBC.

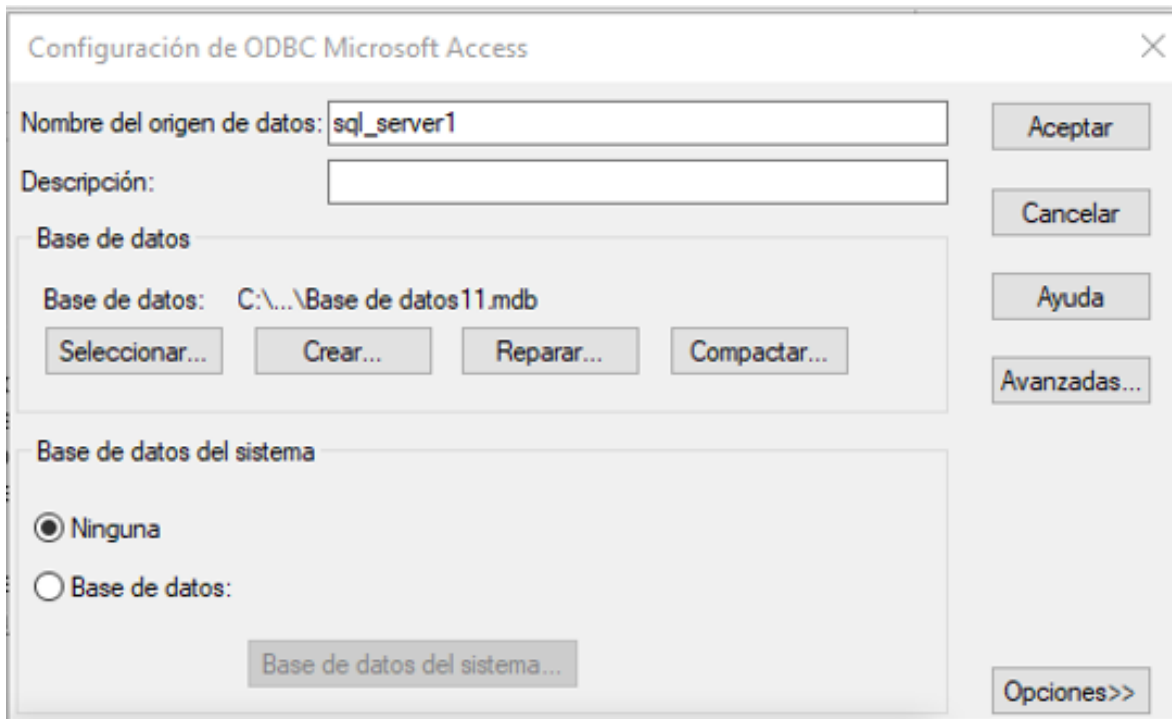


Ilustración 51. Configuración del controlador ODBC.

Una vez instalado el controlador se crea la base de datos en Microsoft Access donde se almacenaran la recopilación de estos a partir de Vijeo Citect, es necesario configurar la tabla donde se guardaran los datos. Se crea las columnas y se configura el tipo de variable que se almacenara en esta, se debe crear las columnas necesaria de acuerdo a la cantidad de variables que se van almacenar. Como se puede observar en la ilustración 52.

Nombre del campo	Tipo de datos
Autonumeración	Autonumeración
DISPONIBILIDAD	Número
RENDIMIENTO	Número
CALIDAD	Número
OEE	Número

Ilustración 52. Configuración de las columnas según las variables.

Por medio de lenguaje SQL en el editor de Cicode de Vijeo Citect se crea un código encargado de enviar los datos de las variables leídas desde el PLC a la base de

datos de Microsoft Access donde serán almacenados cada vez que el código sea llamado. En la ilustración 53 se observa un ejemplo del código empleado en lenguaje SQL.

The image shows a screenshot of the 'Editor de Cicode' application. The title bar reads 'Editor de Cicode - [Insert.ci]'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Depuración', 'Herramientas', 'Ventana', and 'Ayuda'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations (new, open, save, print, run, stop, refresh) and editing (undo, redo, copy, paste, search, zoom, font color, background color). The main window is split into two panes. The left pane, titled 'Archivos', shows a file tree with a folder named 'informe' containing files like 'Insert.ci', 'RegistrarDatos.ci', 'Startup.ci', 'SxW_Style_Includ', and 'Library_Equipmer'. Below this are other files like 'SxW_Style_Include', 'Library_Equipment', 'Tab_Style_Include', and 'Library_Controls'. The right pane displays the following SQL code:

```

STRING Min_des=IntToStr(MINUTO_DES1);
STRING Min_eve=IntToStr(MIN_EVENTUAL1);

INT Status=0;

hSQL=SQLConnect("DSN=sql_server1");

IF hSQL<0 THEN
    Message("Connect error", SQLErrMsg(), 48);
ELSE

```

Ilustración 53. Cicode transmisión de datos en SQL.

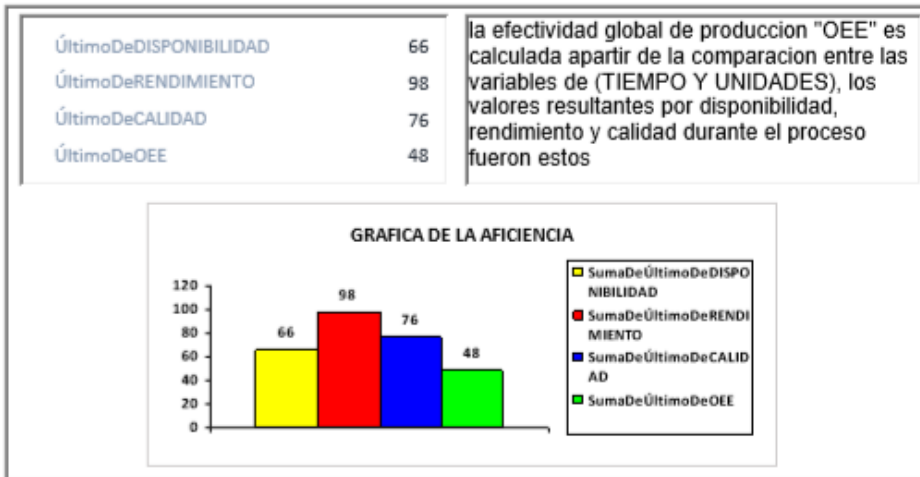
4.3.6. Generar reportes a partir de la base de datos de Microsoft Access

Una vez almacenados los valores de las variables desde CITECT a la base de datos de Microsoft ACCESS se genera un reporte bien detallado en formato (PDF) a partir de la plataforma de ACCESS que contiene toda la información enviada desde Citect. En la ilustración 54 se observa un ejemplo del reporte creado por medio de ACCESS.



REPORTE DE EFICIENCIA DE PRODUCCION APLICADO A LA MAQUINA *****

VALORES QUE DETERMINAN LA EFICIENCIA EN EL PROCESO



UNIDADES PRODUCIDAS DURANTE EL PROCESO

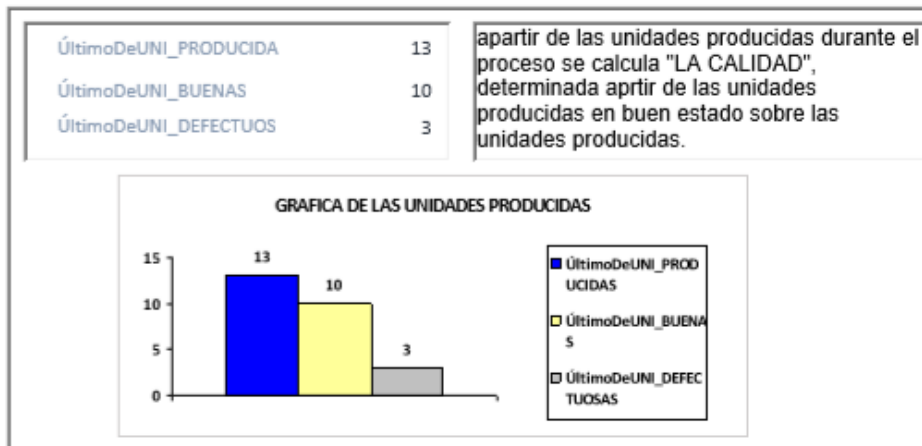


Ilustración 54. Reporte generado a partir de ACCESS.

4. CAPITULO - PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo se basa en las pruebas de funcionamiento y la aceptación por parte de la empresa de la aplicación desarrollada a lo largo de la pasantía, la simulación de este se realiza por medio de una máquina virtual donde se verifica el funcionamiento, control, diseño de la interfaz y cumplimiento de las normas aplicadas a sistemas de supervisión.

4.1 PRUEBAS

Teniendo en cuenta la información vista previamente se realiza las siguientes pruebas de funcionamiento dentro de las instalaciones de CPI S.A.S. lugar donde se ejecutó el desarrollo del proyecto.

4.1.1 Prueba de funcionamiento del sistema de supervisión HMI

Para para efectuar la prueba de funcionamiento se creó un ejemplo simulado el cual cumple con las especificaciones correspondientes a la tabla 18:

Duración del proceso ideal	8 h
Unidades ideales producidas	1000 und
Velocidad teórica	125 und/h
Tiempo de duración real	10 min
Tiempo de paradas real	1 min
Unidades producidas reales	18 und
Unidades defectuosas reales	1 und

Tabla 18. Datos del ejemplo a simular.

Se realiza el cálculo de forma teórica del valor de disponibilidad, rendimiento y calidad que conformar el porcentual OEE final.

1. Teniendo en cuenta que la disponibilidad está dada por la ecuación 2:

DISPONIBILIDAD(%)

$$= \frac{\text{TIEMPO DE OPERACION}}{\text{TIEMPO PROGRAMADO PRODUCCION} - \text{TIEMPO PAROS PROGRAMADOS}} \times 100$$

Ecuación 7. Formula completa de la disponibilidad [35]

Aplicando la formula tenemos:

$$\text{DISPONIBILIDAD}(\%) = \frac{10 \text{ min}}{9 \text{ min} - 1 \text{ min}} \times 100 = 90\%$$

2. Teniendo en cuenta que el rendimiento está dado por la ecuación 4:

$$\text{RENDIMIENTO}(\%) = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{TIEMPO DE PRODUCCION} * \text{VELOCIDAD TEORICA}} \times 100$$

Ecuación 8. Formula completa del rendimiento [35]

Aplicando la formula tenemos:

$$\text{RENDIMIENTO}(\%) = \frac{18 \text{ und}}{9 \text{ min} * 125 \text{ und/h}} \times 100 = 96\%$$

3. Teniendo en cuenta que la calidad está dada por la ecuación 5:

$$\text{CALIDAD}(\%) = \frac{\text{UNIDADES BUENAS}}{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}} \times 100$$

Ecuación 9. Formula de calidad[35]

Aplicando la formula tenemos:

$$\text{CALIDAD}(\%) = \frac{17}{18} \times 100 = 94\%$$

4. Teniendo en cuenta que el OEE está dado por la ecuación 6:

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} \times \text{RENDIMIENTO} \times \text{CALIDAD}$$

Ecuación 10. Formula de OEE[35]

Aplicando la formula tenemos:

$$\text{OEE} = 90 \times 96 \times 94 = 80\%$$

Como resultado final se tiene como resultado los valores expuestos en la tabla 19:

Disponibilidad	90
Rendimiento	96
Calidad	94

OEE	80
-----	----

Tabla 19. Valores teóricos obtenidos del OEE.

Se compararon los valores teóricos con los resultados obtenidos por medio de la simulación, como se observan en las ilustraciones 55, 56 y 57.

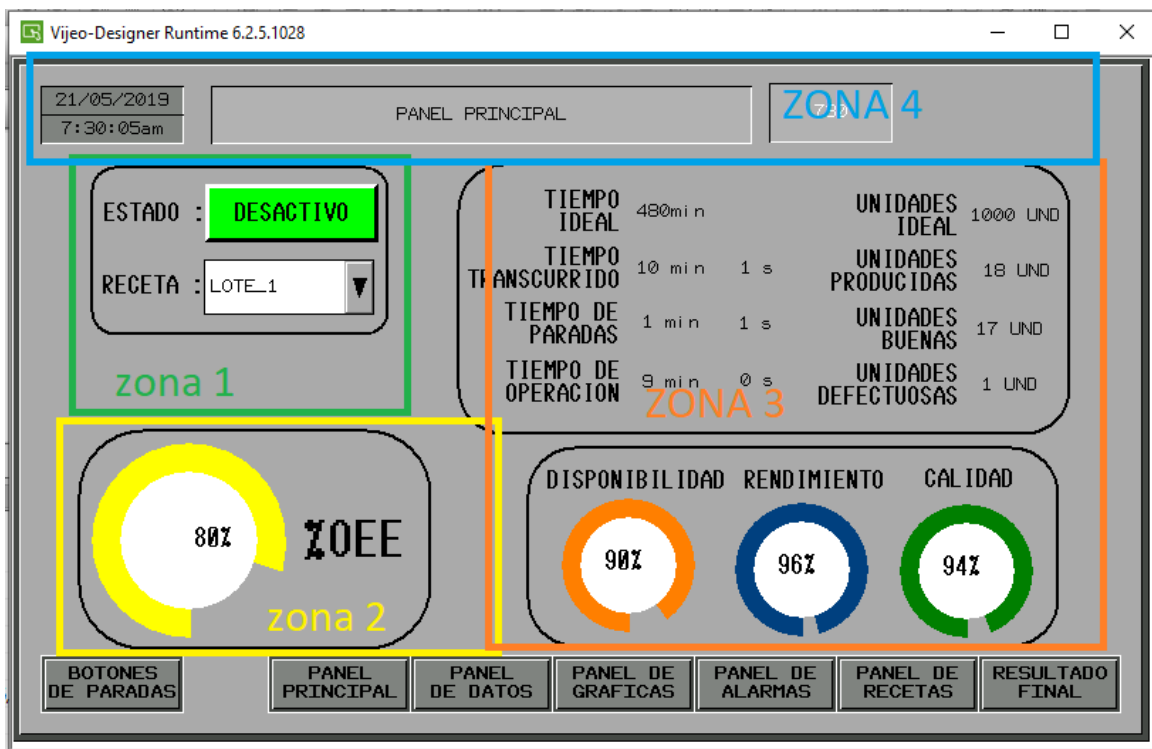


Ilustración 55. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz HMI.

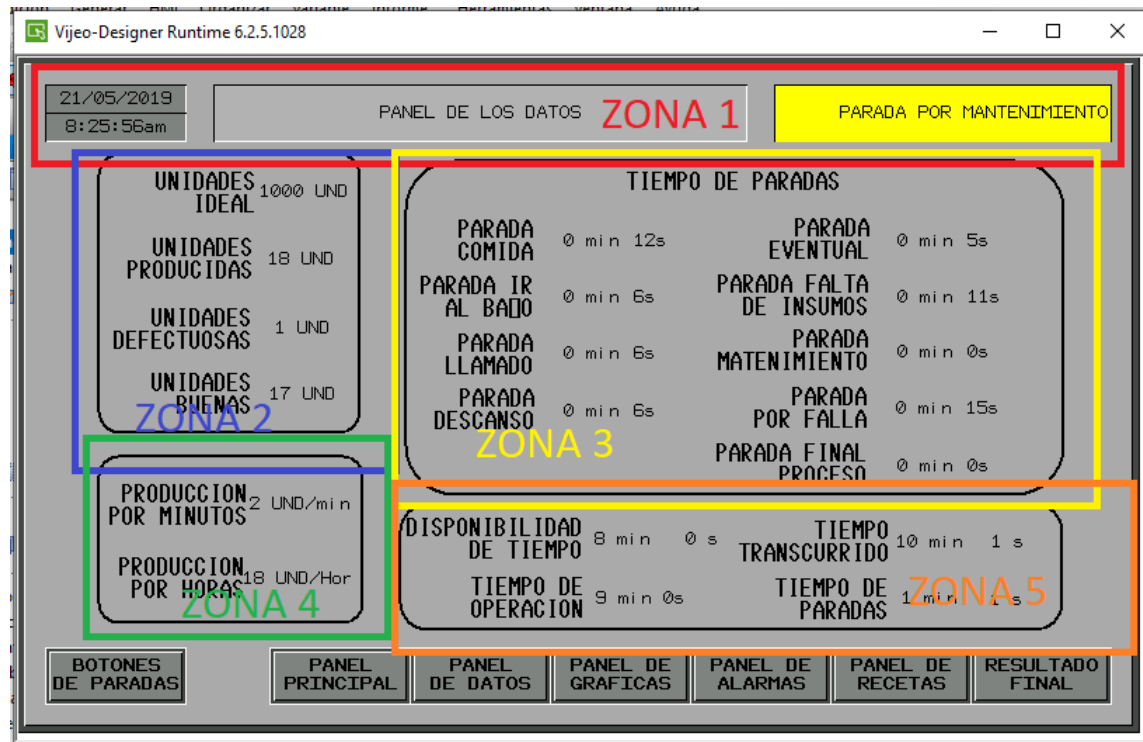


Ilustración 56. Panel de los datos completos de la herramienta de OEE dentro de la interfaz HMI.

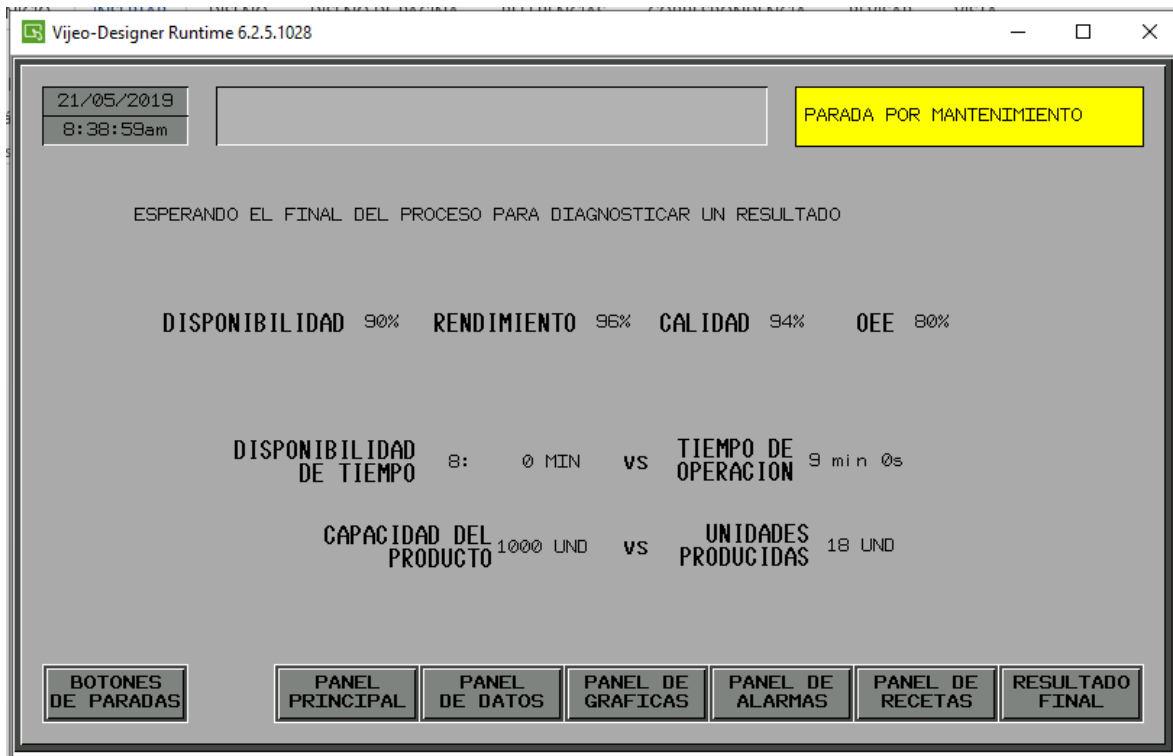


Ilustración 57. Panel de resultados final de la interfaz HMI.

De esta forma se verifica los resultados teóricos obtenidos por medio de las formulas con los resultados arrojados por medio del sistema de supervisión HMI.

4.1.2 Prueba de funcionamiento del sistema de supervisión en SCADA

Tomando como base los datos del ejemplo anterior indicados en la tabla 17 y 18, se obtuvo como resultado por medio de la plataforma SCADA los valores expuestos en la ilustración 58.

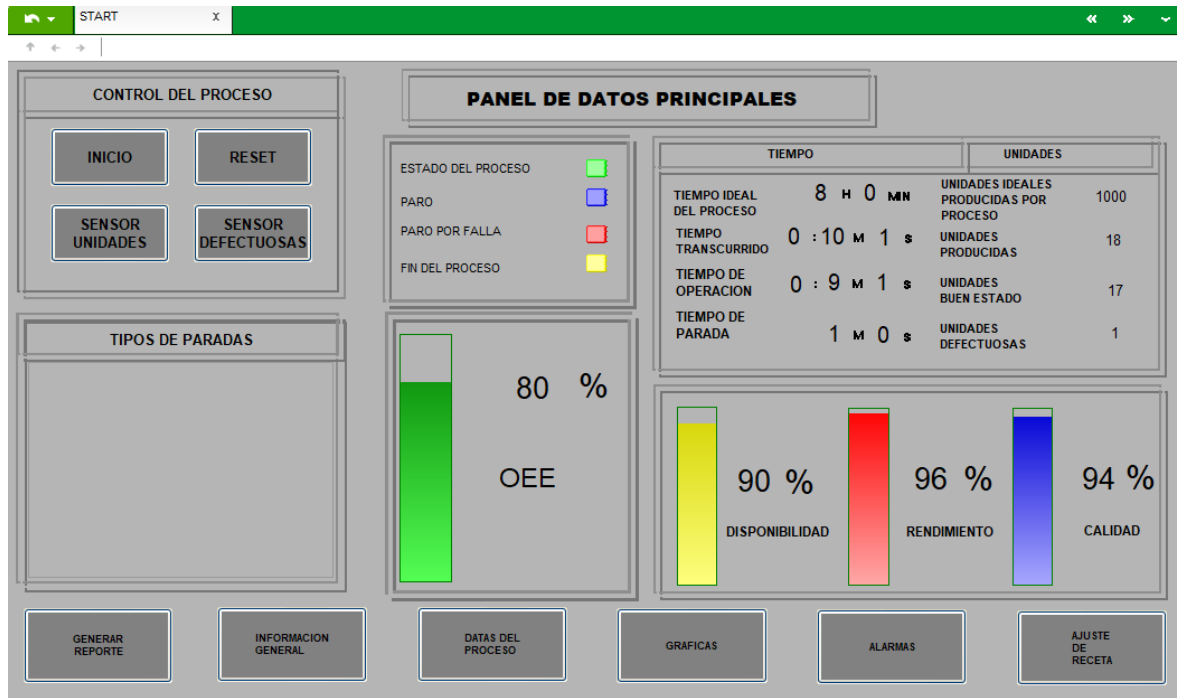


Ilustración 58. panel de datos principales de la herramienta OEE dentro de la interfaz SCADA.

De esta forma se verifica los resultados obtenidos aplicando las formulas con los resultados obtenidos por medio del sistema SCADA.

4.1.3 Reporte generado a partir de la plataforma de Microsoft ACCESS.

Comparado el valor teórico obtenido con los resultados que genera el reporte por medio de la plataforma de Access se verifica la efectividad de la aplicación desarrollada de OEE.



REPORTE DE EFICIENCIA DE PRODUCCION APLICADO A LA MAQUINA *****

VALORES QUE DETERMINAN LA EFICIENCIA EN EL PROCESO

ÚltimoDeDISPONIBILIDAD	90	La efectividad global de producción "OEE" es calculada apartir de la comparacion entre las variables de (TIEMPO Y UNIDADES), los valores resultantes por disponibilidad, rendimiento y calidad durante el proceso fueron estos
ÚltimoDeRENDIMIENTO	96	
ÚltimoDeCALIDAD	94	
ÚltimoDeOEE	80	

GRAFICA DE LA AFICIENCIA

Categoría	Valor
SumaDeÚltimoDeDISPONIBILIDAD	90
SumaDeÚltimoDeRENDIMIENTO	96
SumaDeÚltimoDeCALIDAD	94
SumaDeÚltimoDeOEE	80

UNIDADES PRODUCIDAS DURANTE EL PROCESO

Ilustración 60. Reporte generado a partir de la plataforma de Microsoft Access.

4.2 Aceptación del desarrollo del proyecto por parte de la empresa CPI S.A.S.

Después de probar el funcionamiento de la aplicación “OEE” se realiza la entrega de los programas desarrollados, diseño de las plataformas en Vijeo Designer y Vijeo Citect, base de datos de Access y guías de manejo de cada una de las aplicaciones. En la tabla 20 se observa cada una de las actividades realizadas durante el periodo de pasantía y resultados entregados. En el anexo 4 se encuentra la entrega de cada una de las actividades planteadas y entregadas con firma por parte del director a cargo de la empresa C.P.I. SAS.

ACTIVIDADES DE DESARROLLO	RESULTADOS OBTENIDOS
Desarrollo en Unity Pro.	Pseudocódigo.
	Bloque de funciones.
Desarrollo de la interfaz HMI por medio de la plataforma de Vijeo Designer.	Panel principal.
	Panel de datos generales.
	Panel de gráficas.
	Panel de alarmas.
Desarrollo de la interfaz SCADA por medio de la plataforma de Vijeo Citect.	Panel principal.
	Panel de datos generales.
	Panel de gráficas.
	Panel de alarmas.
Desarrollo de la base de datos entre Vijeo Citect y Microsoft Access.	Pseudocódigo de la comunicación entre Acces y Citect.
	Desarrollo de la base de datos.
Crear y generar reportes a partir de la plataforma de Vijeo Citect y Microsoft Access.	Crear y generar reportes a partir de Citect.
	Crear y generar reportes a partir de Access.
Guías de usuario sobre el manejo de la herramienta (OEE).	Guía OEE.
	Guía desarrollo Unity.
	Guía desarrollo del sistema HMI.

	Guía desarrollo del sistema SCADA.
	Guía crear reportes a partir de Citect.
	Guía base de datos de Microsoft Access.
	Guía crear reportes a partir de la base de datos de Microsoft Access.

Tabla 20. Actividades realizadas durante el periodo de pasantía.

4.3 Análisis de los resultados.

Como se pudo apreciar dentro de las pruebas de funcionamiento; el desarrollo de la aplicación OEE en sistemas de supervisión obtuvo resultados semejantes a los comparados con los valores teóricos, donde se validó satisfactoriamente el funcionamiento de la lógica programada al PAC M340, sistema de supervisión en SCADA y pantallas HMI. Al igual que se realizó la validación del proyecto por medio de la empresa C.P.I. S.A.S. donde se dio el visto bueno del aplicativo, entregando consigo manuales de funcionamiento y configuración para el programa de Unity Pro y la interfaz de los sistemas de supervisión desarrollados por medio de la plataformas Vijeo Designer y Vijeo Citect. En el anexo 4, se entrega cronograma de las actividades realizadas y entregadas al supervisor del pasante dentro de la empresa.

A lo largo del desarrollo de la aplicación OEE se enfrentó con diversas dificultades tanto de programación como de desarrollo de la interfaz gráfica del sistema. Los errores de programación fueron corregidos a prueba y error, de manera simulada se creaban distintos escenarios donde se comparaba los valores arrojados por el programa con los obtenidos teóricamente. La interfaz de los sistemas de supervisión en pantallas HMI y SCADA fueron corregidas al transcurso del desarrollo de este, donde se buscaba aplicar las normas de diseño en sistemas de supervisión y como el operador podría interpretar más fácilmente los indicadores.

4.4 Recomendaciones.

- Capacitarse sobre las normas de diseño aplicadas a sistemas de supervisión en pantallas HMI y SCADA.

- Indagar en cada uno de los distintos lenguajes de programación aplicados a los autómatas programables.

- Capacitarse sobre las distintas marcas de PLC, su protocolo de comunicación y las distintas formas de comunicarse entre PLC`s de distintas marcas.

- Indagar sobre el manejo, beneficios y diversidad de la transmisión de datos entre distintos módulos de comunicación por medio del protocolo abiertos como son: DIO “E/S distribuida”, HART “transductor remoto direccionable de carretera” Y AS-I “actuadores sensores interface”.

5. CAPITULO - CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

- Durante el periodo como pasante dentro de las instalaciones de la empresa CPI S.A.S. se trabajó en el desarrollo de un proyecto aplicado a sistemas de supervisión en HMI y SCADA. Donde se cumplió con cada ámbito propuesto en el objetivo general el cual radica en Apoyar el análisis, diseño e implementación en procesos industriales, que garantice el cumplimiento de las normas de diseño y seguridad en cada ámbito correspondiente según el proyecto de automatización trabajado.
- Con el fin de satisfacer las necesidades de optimizar los procesos de producción en las empresas clientes, se realizó un estudio detallado de las diferentes herramientas que componen la manufactura esbelta, donde se deduce que la herramienta OEE es el indicador de desempeño que mejor aplica a procesos de producción, se investigó la manera más factible de desarrollar este tipo de aplicación embebida en sistemas de supervisión HMI y SCADA.
- El desarrollo de este proyecto fue pensado en que este aplicara de manera universal a cualquier sistema de supervisión en la industrial. El cual se desarrolló por medio de las plataformas de Schneider “Vijeo Citect, Vijeo Designer y Unity Pro” ya sean a sistemas SCADA o HMI. donde como único requisito fundamental es que en sus procesos de producción obtengan como resultado final un producto cuantificable y cualificable con el fin de identificar y medir su déficits de fabricación de sus productos y mejorar la producción de estos, además el desarrollo de la aplicación cumple con las normas de diseño y programación IEC 60073, IEC 61301-1, ISO 9241 – 10, ISA 101 e IEC 61131-3. las cuales se fundamentan en perspectiva como el operador interpreta las animaciones dentro de una interfaz en sistemas de supervisión SCADA o HMI.

- Se realizaron las pruebas de la aplicación desarrollada por medio de una máquina virtual, en la que de manera simulada se verifico satisfactoriamente el funcionamiento de esta, donde se aprobó y entrego cada uno de los desarrollos planteados dentro del cronograma de actividades a cumplir "programa embebido del PAC M340, interfaz HMI, interfaz SCADA, programa y configuración de la comunicación SQL, reportes generados a partir de CITEC, reportes generados a partir de ACCESS y guías de cada una de las aplicaciones anteriormente nombradas".

- Se obtuvo el primer aplicativo desarrollado dentro de la instalación de la empresa CPI, el cual actúa como un diferenciador con las demás empresas y un plus agregar a los clientes.

- Se desarrolló un pseudocódigo en lenguaje SQL el cual permite una comunicación entre Vijeo Citect y una base de datos De Microsoft "ACCESS o SQL SERVER", donde se recopila y almacenan datos y valores de las variables del sistema de SCADA con el fin de hacer un estudio detallado por medio de reportes en los que se pueden incluir graficas e indicadores métricos que califiquen el proceso de producción durante un periodo de tiempo.

- Este pseudocódigo en lenguaje SQL fue un gran aporte y un plus que identifica a CPI como un diferenciador frente a las demás empresas, ya que este permite la comunicación directa entre Vijeo Citect y la base de datos De Microsoft SQL server, el desarrollo de este aplicativo puede llegar ahorrar tiempo y dinero en licencias a los clientes de la empresa, esto dependiendo del tipo de proyecto que efectué, ya que conlleva al remplazo de programas como Vijeo Historian el cual cumple esta misma función.

- Durante el periodo de práctica dentro de las instalaciones de la empresa CPI pude experimentar el trabajo como ingeniero al desarrollar tan importante proyecto, además adquirí conocimientos que me complementan como

profesional en bases de programación, configuración de puertos de comunicación IP y diseño de interfaz de sistemas de supervisión.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

- Desarrollar otros tipos de aplicaciones que se encuentren dentro de la lista de herramientas de la manufactura esbelta, la cuales ayudan a mejorar los procesos dentro de la industria.

Realizar el diseño de un reporte que recopile en la base de datos de ACCESS la información de varios procesos de producción simultáneamente y unifique los valores donde se pueda sacar información más detallada de una línea de producción.

- Desarrollo e una herramienta KPI “indicador clave de desempeño” que permita la recopilación de información más detallada sobre costos de producción durante un proceso.

Bibliografía

- [1] freddy vanegas gamboa., «empresa cpi,» 2009. [en línea]. available: <http://www.cpi.com.co/quienes.html>. [último acceso: 09 11 2018].
- [2] y. s. m. juan calderón, «<https://es.slideshare.net/>,» -- -- 2004. [en línea]. available: <https://es.slideshare.net/dmcuenca4/mediciones-e-instrumentacionindustrial>. [último acceso: 24 11 2018].
- [3] j. m. v. j. adrián gabriel carvajal jácome, «<http://dspace.esPOCH.edu.ec/>,» 6 6 2015. [en línea]. available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4409/1/108t0123.docx.pdf>. [último acceso: 16 11 2018].
- [4] p. m. daniel lópez, «[riunet.upv.es,](http://riunet.upv.es/)» 14 07 2016. [en línea]. available: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70721/tfm%20daniel%20lopez-pintor%20marti_14684892714925643535103389495773.pdf?sequence=2. [último acceso: 2018 11 10].
- [5] a. m. ortiz, la estructura aranceria y la estrategia de industria en colombia 1950-1982, bogota, la estruc: empresa editorial universidad de colombia, 1986.
- [6] m. b. a. ,. c. a. william olarte c., «importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de produccion,» *universidad tecnológica de pereira*, p. 44, 2010.
- [7] s. m. f. zavalá, «<http://tesis.usat.edu.pe/>,» 22 06 2015. [en línea]. available: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/497/1/tl_fuentes_zavalá_sebastianmoises.pdf. [último acceso: 16 5 2019].
- [8] f. s. a. b. carlos catalán, «[upcommons.upc.edu,](http://upcommons.upc.edu/)» 08 07 2015. [en línea]. available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/78299/jenui2015_337-342.pdf?sequence=1&isallowed=y. [último acceso: 11 6 11 2018].
- [9] y. h.-l. a. v.-p. o. g. p.-a. d. p.-t. lieter javier silva-díazi, «diseño de un sistema de automatización para la planta de alimento ensilado,» *revista ciencias técnicas agropecuarias*, vol. 26, nº 4, p. 8, 2017.
- [10] j. v. b., «gestión de la automatización de plantas industriales en chile,» *revista facultad de ingeniería, u.t.a. (chile)*, vol. 12, nº 1, p. 33, 2004.

- [11] p. g. j. h. g. encalada ruiz, «desarrollo de un scada para una planta simulada de produccion de vidrio templado,» universidad técnica de ambato, ecuador, 2019.
- [12] e. c. barreda cordova, «<http://tesis.ucsm.edu.pe>,» 27 10 2014. [en línea]. available: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/ucsm/4713>. [último acceso: 16 11 2018].
- [13] n. b. g. m. j. n. g. c. r. h. d. p. m. m. w. s. acosta, «www.academia.edu,» 30 02 2010. [en línea]. available: https://www.academia.edu/6976516/color_equipos_teclas_de_funcionamiento_de_cajas_combo_o_listas_desplegables_combo_boxes_texto_valores_tablas_comandos_e_ingreso_de_datos. [último acceso: 17 11 2018].
- [14] schneider, «<https://www.schneider-electric.es/es>,» range, 0 0 0. [en línea]. available: https://www.schneider-electric.es/es/product-range/1054-vijeo-designer/166347789-descripcion-de-software/?subnodeid=166347810es_es. [último acceso: 17 11 2018].
- [15] schneider, «<https://www.schneider-electric.es/es>,» schneider electric, 0 0 0. [en línea]. available: <https://www.schneider-electric.es/es/product-range-presentation/548-ecostruxure%20a2-unity-pro/#tabs-top>. [último acceso: 17 11 2018].
- [16] schneider, «schneider,» schneider, 11 2000. [en línea]. available: <https://www.se.com/es/es/about-us/company-profile/history/schneider-electric-history.jsp>. [último acceso: 10 05 2019].
- [17] m. l. vazquez, «ecured,» universidad de sancti spiritus, 0 4 1997. [en línea]. available: https://www.ecured.cu/microsoft_access. [último acceso: 11 06 2019].
- [18] microsoft, «microsoft,» [en línea]. available: <https://www.microsoft.com/es-co/p/access/cfq7ttc0k7q8?activetab=pivot%3aoverviewtab>. [último acceso: 11 6 2019].
- [19] j. j. l. sandoval, «<http://eprints.uanl.mx>,» 16 08 2015. [en línea]. available: <http://eprints.uanl.mx/7011/1/1020074545.pdf>. [último acceso: 17 11 2018].
- [20] f. m. gonzalez-longatt, «researchgate,» 00 00 2008. [en línea]. available: https://www.researchgate.net/publication/296676720_introduccion_a_la_teor%C3%ADa_de_control. [último acceso: 17 11 2018].

- [21] m. g. h. s. m. e. l. d. g. d. j. h. s. m.i. alberto pedro lorandi medina, «controladores pid y controladores difusos,» *revista de la ingeniería industrial*, vol. 5, nº 1, p. 3, 2011.
- [22] i. r. e. f.-s. msc. mónica mulet-hingi, «automatización del tachó cristizador de azúcar crudo del central julio antonio mella,» *tecnología química*, vol. 36, nº 2, p. 8, 2016.
- [23] a. r. penin, sistemas scada 2º edición, méxico: ediciones técnicas marcombo, 2007.
- [24] iec instituto costarricense de electricidad, «appcenter.grupoice.com,» 2 10 2014. [en línea]. available: <https://appcenter.grupoice.com/pel/docsadq/lpu20150001ane-51.pdf>. [último acceso: 14 5 2019].
- [25] affinityenergy, «www.affinityenergy.com,» affinityenergy, 8 8 2017. [en línea]. available: <https://www.affinityenergy.com/isa-101-hmi-lifecycle/>. [último acceso: 14 5 2019].
- [26] plcopen, «www.plcopen.org,» 00 00 2015. [en línea]. available: http://www.plcopen.org/pages/pc2_training/introductions_in_spanish_and_portugese/downloads/intro_iec_61131_3_spanish.doc. [último acceso: 17 11 2018].
- [27] l. m. pedraza, «mejoramiento productivo aplicando herramientas de manufactura esbelta,» *revista soluciones de postgrado eia*, vol. 1, nº 5, pp. 175-190, 2010.
- [28] v. e. b. h. m. j. r. m. juan gregorio arrieta posada, «benchmarking sobre manufactura esbelta (lean manufacturing) en el sector de la confección en la ciudad de medellín, colombia,» *universidad esean*, vol. 15, nº 28, p. 1, 2010.
- [29] eanfuture, «leanfuture,» eanfuture, 1 1 2012. [en línea]. available: <http://www.leanfuture.es/herramientas.htm>. [último acceso: 14 5 2019].
- [30] j. d. m. d. a. s. e. s. s. g. juan gregorio arrieta, «aplicación lean manufacturing en la industria colombiana. revisión de literatura en tesis y proyectos de grado,» *revista virtual pro*, vol. 132, nº 1, p. 1, 2011.
- [31] f. g. correa, «manufactura esbelta (lean manufacturing). principales herramientas,» *revista panorama administrativo*, vol. 1, nº 2, p. 1, 2007.
- [32] j. molina, «mantenimiento y seguridad industrial.,» *ingeniería municipal*, vol. 214, nº 1, pp. 20 - 23, 2006.

- [33] b. l. r. j. galar d., «<https://www.researchgate.net>,» 1 1 2009. [en línea]. available: https://www.researchgate.net/profile/luis_bergesmuro/publication/262298055_construccion_de_kpis_de_mantenimiento_en_base_a_los_parametros_rams_la_necesidad_de_un_cuadro_de_mando/links/560a6c6308ae840a08d5602d/construccion-de-kpis-de-mantenimiento-en-base. [último acceso: 9 5 2019].
- [34] a. f. a. humberto, «repositorio,» 16 10 2014. [en línea]. available: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8043>. [último acceso: 9 5 2019].
- [35] h. l. a. gonzález, «contribuciones a la economía,» 1 10 2009. [en línea]. available: http://www.academia.edu/download/34741829/ooe_pdf.pdf. [último acceso: 11 06 2019].
- [36] s. p. c. c. algarra rodríguez ivonne lizeth, «estudio de la efectividad global de los equipos (oe) y propuesta de mejoramiento basada en el uso de herramientas de manufactura esbelta en la empresa inemflex s.a.s,» 01 05 2018. [en línea]. available: <http://repositorio.uniagustiniana.edu.co/handle/123456789/599>. [último acceso: 12 06 2019].
- [37] r. a. p. q. carlos leonardo casilimas macias, «udistrital,» 05 09 2012. [en línea]. available: <http://udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3157626/implementacion+oe+e.pdf>. [último acceso: 12 06 2019].
- [38] «o uso do indicador oee como ferramenta na tomada de decisões em uma indústria gráfica – um caso prático,» *nelson casarotto filho, prof. dr.*, vol. 2, nº 2, pp. 113 - 132, 2010.
- [39] electric, schneider, «schneider electric,» schneider electric, 2018 01 01. [en línea]. available: <https://www.se.com/ww/en/work/services/field-services/industrial-automation/performance-optimization-services/ecostruxure-equipment-efficiency-advisor.jsp>. [último acceso: 16 02 2020].
- [40] h. l. a. gonzález, «una herramienta de mejora, el oee (efectividad global del equipo),» *universidad de holguín oscar lucero moya*, p. 10, 2009.
- [41] A. B. J. G. L. L. E. V. & V. G. Eroles, Su empresa de clase mundial, MEJICO: Panorama Editorial., 1998.

ANEXOS

ANEXO 1. GUIA DEL DESARROLLO DEL PSEUDOCÓDIGO EMBEBIDO PARA LOS AUTOMATAS PROGRAMABLES.

ANEXO 1. GUIA DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN OEE EN SISTEMAS DE SUPERVISION HMI.

ANEXO 3. GUIA DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN OEE EN SISTEMAS DE SUPERVISION SCADA.

ANEXO 4. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE DENTRO DE LA EMPRESA C.P.I. S.A.S.



CPI
CORPORACIÓN PASANTE

GESTIÓN INGENIERÍA Y AUTOMATIZACIÓN

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES REALIZADAS POR EL PASANTE EN CPI



ACTIVIDADES DE DESARROLLO	SUBTEMAS	X	100% DE ACTIVIDAD	FECHA DE INICIO	HORAS DE DESARROLLO	FIRMA PASANTE	FIRMA SUPERVISOR
DESARROLLO DE LA ADC (OEE)	DESARROLLO DE PROGRAMACION EN UNITY PRO	X	8.33%	4/03/19	8/04/19	Cristian S. Sierra	JL.
	DESARROLLO DE LA INTERFAZ HMI EN EL PROGRAMA VIDEO DESIGNER	X	4.16%	12/03/19	9/04/19	Cristian S. Sierra	JL.
	DESARROLLO DE LA INTERFAZ SCADA EN EL PROGRAMA VIDEO CTECT	X	4.16%	8/04/19	17/05/19	Cristian S. Sierra	JL.
	DESARROLLO BASE DE DATOS ENTRE MICROSOFT ACCESS Y VIDEO CTECT	X	8.33%	13/05/19	17/05/19	Cristian S. Sierra	JL.
	CREAR Y GENERAR REPORTES DESDE VIDEO CTECT Y LA BASE DE DATOS DE MICROSOFT ACCESS	X	8.33%	22/04/19	10/06/19	Cristian S. Sierra	JL.
	GUIA DE USUARIO DE LA HERRAMIENTA DE EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCION DESARROLLADA	X	2.38%				
		X	2.38%				
		X	2.38%				
		X	2.38%				
		X	2.38%				

Prof. 1996, asesor de Ingeniería Eléctrica y del Control más experiencia a sus actividades

Calle: Calle 47N #5AN-21, Tel: 6661974, Telefax: 6653174, E-mail: cp_ltda@cpi.com.co
 B/quilla: Cra. 72 #80-143/153, Tel: 3730711, Telefax: 3732867, E-mail: zona_norte@cpi.com.co
 www.cpi.com.co

Un mejor y mejor
CPI
 CONSULTORIO ELÉCTRICO
 NIT. 805.002.719-6