



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INTERFACES
HUMANO MÁQUINA Y SCADA PARA EL SISTEMA HAS-200
V1.0 DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA INTEGRADA
POR COMPUTADOR**

**AUTORES: ÁLVAREZ LUNA MARCELO ALEJANDRO
ROBLES REYES RICHARD SANTIAGO**

DIRECTOR: ING. ALEJANDRO CHACÓN

SANGOLQUÍ

2016



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

CERTIFICADO

Certifico que el trabajo de titulación, ***“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INTERFACES HUMANO MÁQUINA Y SCADA PARA EL SISTEMA HAS-200 V1.0 DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR”***, realizado por los señores ***MARCELO ALEJANDRO ÁLVAREZ LUNA*** y ***RICHARD SANTIAGO ROBLES REYES***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores ***MARCELO ALEJANDRO ÁLVAREZ LUNA*** y ***RICHARD SANTIAGO ROBLES REYES*** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Febrero del 2016

Ing. Luis Alejandro Chacón Encalada

DIRECTOR

Luis Alejandro Chacón
Ingeniero Electrónico
Master Automática y Robótica



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **MARCELO ALEJANDRO ÁLVAREZ LUNA**, con cédula de identidad N° 1723912885 y **RICHARD SANTIAGO ROBLES REYES**, con cédula de identidad N° 1721260634 declaramos que este trabajo de titulación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INTERFACES HUMANO MÁQUINA Y SCADA PARA EL SISTEMA HAS-200 VI.0 DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaramos que este trabajo es de nuestra autoría en virtud de ello nos declaramos responsables del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Febrero del 2016

Marcelo Alejandro Álvarez Luna
C.C. 1723912895

Richard Santiago Robles Reyes
C.C. 1721260634



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

AUTORIZACIÓN

Nosotros *MARCELO ALEJANDRO ÁLVAREZ LUNA* y *RICHARD SANTIAGO ROBLES REYES*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la institución el presente trabajo de titulación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LAS INTERFACES HUMANO MÁQUINA Y SCADA PARA EL SISTEMA HAS-200 V1.0 DEL LABORATORIO DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADOR**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, febrero del 2016

Marcelo Alejandro Álvarez Luna

C.C. 1723912895

Richard Santiago Robles Reyes

C.C. 1721260634

DEDICATORIA

Por haber formado mi carácter y demostrarme que el orden, el respeto y la generosidad son los pilares fundamentales para el éxito como ser humano y profesional, les dedico el presente trabajo a mis padres Alexandra Luna y Miguel Marcelo Álvarez.

También deseo dedicar este logro a mis tíos Miriam Luna e Irlando Sánchez por ser como unos segundos padres para mí y darme las mejores lecciones de vida y consejos cuando los necesité.

A mi hermano Esteban por todo ese tiempo que no pude compartir a su lado debido a mis estudios, este logro va por ti ñaño.

Marcelo Álvarez Luna

Este trabajo se lo dedico a mi padre Lauro Robles y a mi madre Matilde Reyes, por haberme apoyado siempre en mi vida, sin duda ustedes han sido mi fortaleza en los momentos difíciles, fruto de su paciencia, valentía y amor he culminado este largo camino profesional.

A mis dos hermanos Mario y Byron junto a ustedes he compartido toda mi vida, son mi ejemplo valoro mucho todo su apoyo brindado, siempre que los necesité nunca me han defraudado.

A mi consejera, amiga y dulce amor Andrea por haber compartido juntos este proceso y haber estado conmigo en las buenas y malas.

Richard Robles Reyes

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la salud, el bienestar y las bendiciones necesarias para poder culminar mis estudios, siendo él siempre mi guía ante los obstáculos.

Le agradezco a mi madre Alexandra por darme el aliento necesario cuando más lo necesité, por ser mi guía y la fuerza que no me permitió desistir en momentos difíciles, a mi padre Miguel Marcelo por enseñarme que el orden es y será el pilar fundamental del éxito, también le agradezco por ser el ángel que cuidó de mi desde el cielo.

A mi hermano Esteban por ser uno de mis mejores amigos y disfrutar conmigo de la curiosidad de la tecnología y por siempre alentarme en mis trabajos universitarios.

A mis tíos Miriam e Irlando por brindarme su hogar durante mi vida universitaria y hacerme sentir como un hijo más, a mis primos David y Andrés que han sido como verdaderos hermanos siempre brindándome su apoyo incondicional y alegría.

A usted que ha sido partícipe de este logro, gracias por el apoyo incondicional, la paciencia y el aliento para no desmoronarme.

A mis amigos y compañeros de la Universidad gracias por hacerme sentir en casa, por todas las malas noches de estudio y las farras hasta el amanecer, gracias por todo.

A mi amigo Richard Robles por tener la paciencia, dedicación y fortaleza para desarrollar este trabajo de investigación, gracias hermano, éxitos totales.

De una manera muy especial al Ing. Alejandro Chacón por ser el guía dentro del presente trabajo de investigación y formarnos como profesionales.

Marcelo Álvarez Luna

Quiero agradecer a Dios por haberme bendecido siempre porque me brindó la oportunidad de ser parte de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE, guiándome y dándome la fortaleza y perseverancia necesaria, para decir lo logré soy Ingeniero.

Sin duda debo agradecer a mi familia porque nunca dejó de apoyarme en todo sentido, a mi padre Lauro Robles por nunca haberme hecho falta en nada y jamás desampararme, a mi madre Matilde Reyes por ser esa luchadora incansable, que siempre estuvo preocupada por mí. A mi hermano Mario por brindarme grandes consejos, darme su apoyo y ser mi maestro, a mi hermano Byron por haber depositado tu confianza en mí. Gracias por todo familia los amo.

A ti mi amor por dedicarme tu amor incondicional, te agradezco por haber estado junto a mí, eres una persona que se merece mi respeto, amor y cariño.

A mis amigos más cercanos gracias por los momentos que hemos compartido, dentro y fuera de la Universidad, por aquellas largas jornadas de estudio y desarrollo de muchos proyectos y a todos los docentes del Departamento de Eléctrica y Electrónica, por haberme brindado toda su experiencia en este proceso de formación académica.

A mi amigo y compañero de Tesis Marcelo Álvarez, juntos formamos un gran equipo muchas veces y esta vez hemos logrado con éxito un gran logro profesional adelante siempre, mi estimado.

Agradezco al Ing. Alejandro Chacón por habernos guiado, brindándonos todo su conocimiento para la ejecución de este proyecto de grado.

Richard Robles Reyes

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE CUADROS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación e Importancia.....	2
1.3. Alcance Del Proyecto	4
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo general	6
1.4.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Introducción al sistema HAS-200	7
2.2. Características y funciones del HAS-200.....	8
2.3. Esquema actualmente adquirido del HAS-200.....	10
2.3.1. Estación de Producción HAS-202.....	10
2.3.2. Estación de Medición HAS-205 y HAS-206	12
2.3.3. Estación de Colocación de Tapas HAS-207	14
2.3.4. Estación de Paletizado HAS-210	16
2.4. Sistema de ejecución de la Producción Ed-MES	18
2.5. Modelado 3D y Simulación.....	20
2.5.1. Características y funciones de los sistemas CAD	21

2.5.2.	Simulación del modelado 3D con aplicaciones Industriales.....	22
2.5.3.	Mejoramiento de la Visualización 3D en tiempo real.....	23
2.5.4.	Características de Autodesk Inventor 2015.....	25
2.6.	Wonderware System Platform.....	26
2.6.1.	Herramienta de desarrollo de Wonderware InTouch HMI	27
2.7.	Sistemas de Producción en Industrias de Manufactura	29
2.7.1.	Características de los sistemas de producción automatizados	30
2.7.2.	Sistemas de producción aplicados al HAS-200	32
2.8.	Estándares para el Diseño de HMI'S	32
2.8.1.	ISA SP 101	33
CAPÍTULO III.....		36
3.	ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA HMI	36
3.1.	Filosofía del HMI	36
3.1.1.	Fundamentos Técnicos del usuario	37
3.1.2.	Fundamentos Psicológicos del usuario	37
3.1.3.	Fundamentos Fisiológicos del usuario	38
3.1.4.	Análisis de las Tareas del Usuario.	41
3.2.	Guía de Estilo	45
3.2.1.	Consola de Operaciones.....	45
3.2.2.	Jerarquía de pantallas	46
3.2.3.	Distribución de pantalla	47
3.2.4.	Navegación.....	50
3.2.5.	Uso de colores	51
3.2.6.	Menús y barras de herramientas.....	53
3.3.	Plataforma de desarrollo del HMI	54
3.3.1.	Requisitos de Instalación.....	54
3.3.2.	Operación de la plataforma ArchestrA IDE.....	55
3.3.3.	Entorno ArchestrA	56
3.3.4.	Características Gráficas de ArchestrA	57
3.3.5.	Entorno InTouch	60

CAPÍTULO IV	63
4. DISEÑO DEL HMI Y SCADA	63
4.1. Generalidades de Diseño	63
4.2. Diseño de la consola.....	63
4.2.1. Caracterización del Hardware	64
4.2.2. Caracterización del Software	65
4.3. Diseño del sistema HMI.....	65
4.3.1. Requisitos Primarios del HMI.....	66
4.3.2. Requisitos Secundarios del HMI.....	67
4.4. Diseño de pantallas HMI.....	68
4.4.1. Jerarquía de las pantallas.....	69
4.4.2. Navegación en las pantallas HMI	71
4.4.3. Formato de la Pantalla del HMI.....	73
4.4.4. Formato del Texto para el HMI	75
4.4.5. Uso de Color para el HMI.....	76
4.4.6. Variables que Interrumpen el Proceso	77
4.4.7. Variables Relevantes del proceso.....	78
4.4.8. Alarmas	79
4.4.9. Tipos de Asistencia	81
4.5. Aplicación de Requerimientos Funcionales	82
4.6. Sistema SCADA.....	86
4.6.1. Requisitos Primarios del SCADA.....	87
4.6.2. Estandarización del SCADA.....	88
CAPÍTULO V.....	90
5. IMPLEMENTACIÓN DEL HMI Y EL SISTEMA SCADA.....	90
5.1. Implementación del HMI	90
5.1.1. Diseño del HMI basado en la Norma ISA SP 101	91
5.1.2. Desarrollo 3D	91
5.1.3. Creación de la simulación en ArchestraA Graphic Toolbox	97
5.1.4. Desarrollo del HMI	99

5.2.	Configuración de la comunicación con el OPC	117
5.3.	Características y Configuración de la Red	120
5.3.1.	Configuración de los dispositivos dentro de la red LAN.....	122
5.3.2.	Configuración del Router	123
5.4.	Desarrollo del Servidor WEB.....	126
5.4.1.	Instalación Internet Information Services	128
5.5.	Implementación del sistema SCADA.....	130
5.5.1.	Instalación SQL Server 2012	130
5.5.2.	Instalación del Wonderware Information Server 2014 R2	132
5.5.3.	Desarrollo de las Pantallas	137
CAPÍTULO VI	142
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
6.1.	Conclusiones	142
6.2.	Recomendaciones	143
BIBLIOGRAFÍA	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recipientes del sistema HAS-200	8
Figura 2. Estación de Producción HAS-202	10
Figura 3. Llenado de Perlas azules por la estación de producción HAS-202	11
Figura 4. Estaciones de Medición HAS-205 y HAS-206	12
Figura 5. Medición de altura de las perlas contenidas en los recipientes	13
Figura 6. Estación de Tapado HAS-207	14
Figura 7. Colocación de tapa sobre el recipiente	15
Figura 8. Estación de Paletizado HAS-210.....	16
Figura 9. Rampas de Paletizado.....	17
Figura 10. Generador de fallas propia de la estación de Paletizado	17
Figura 11. Bondades del sistema MES para ser tratados en el HAS-200	19
Figura 12. Simulación de Interfaces Industriales.....	22
Figura 13. Ventajas de HMI en 3D	24
Figura 14. Características del Autodesk Inventor	25
Figura 15. Aplicaciones con Wonderware System Platform	26
Figura 16. Beneficios y Capacidades de Wonderware System Platform.....	27
Figura 17. Wonderware InTouch HMI	28
Figura 18. Monitoreo y Supervisión de Intouch	29
Figura 19. Normas para el diseño de HMI.....	33
Figura 20. ISA SP 101 Life Cycle para el HMI.....	35
Figura 21. Fundamentos de Diseño del HMI.....	36
Figura 22. Postura en el puesto de Trabajo	40
Figura 23. Equilibrio centrado en el usuario.....	41
Figura 24. Consola de operaciones	46
Figura 25. Jerarquía de las Pantallas	47
Figura 26. Diseño general propuesto de la distribución de pantalla	48
Figura 27. Diagrama general de la navegación entre pantallas.....	50
Figura 28. Requisitos de Instalación para obtener ArchestrA IDE.....	54

Figura 29. Entorno de ArcestrA IDE	55
Figura 30. Creación de la Nueva Galaxy del Proyecto de Investigación.....	56
Figura 31. Plataforma de ArcestrA IDE.....	57
Figura 32. Graphic Toolbox de ArcestrA IDE.....	58
Figura 33. Herramientas de Animación de ArcestrA IDE	59
Figura 34. Entorno Window Maker	61
Figura 35. Configuración de Window Viewer.....	62
Figura 36. Arquitectura de la Consola del sistema	64
Figura 37. Directrices del diseño de interfaces de usuario	66
Figura 38. Características para dar control al Estudiante.....	67
Figura 39. Características para reducir la carga de memoria al Estudiante	67
Figura 40. Consideraciones para el diseño del HMI.....	68
Figura 41. Proceso de Diseño	69
Figura 42. Niveles de Jerarquía de las Interfaces del HAS-200	71
Figura 43. Navegación de acuerdo a los niveles de Jerarquía	72
Figura 44. Resolución establecida en la plataforma ArcestrA IDE	74
Figura 45. Color de Fondo para las Interfaces	74
Figura 46. Tipos de Fuentes de Texto.....	75
Figura 47. Representación de las alarmas de tipo critico.....	80
Figura 48. Alarmas clasificadas como advertencias de la Estación HAS-205	81
Figura 49. Ubicación de la Asistencia con la que cuenta el HMI.....	81
Figura 50. Información de las Estaciones del sistema HAS-200.....	82
Figura 51. Verificación de requerimientos funcionales	83
Figura 52. Manipulación directa de la estación digital HAS-205.....	84
Figura 53. Estados de entradas y salidas de la estación de producción HAS-202....	85
Figura 54. Esquema general del SCADA	86
Figura 55. Requisitos del sistema SCADA.....	87
Figura 56. Estandarización del SCADA	88
Figura 57. Distribución planteada para el sistema SCADA.....	88
Figura 58. Proceso de Implementación.....	90

Figura 59. Mecanización en 3D en del sistema HAS-200	91
Figura 60. Iniciar con Inventor Studio	92
Figura 61. Iniciar la animación	92
Figura 62. Animar Componentes	93
Figura 63. Configuración de la Animación.....	93
Figura 64. Configuración de la Posición.....	94
Figura 65. Configuración del tiempo para la Animación.....	94
Figura 66. Reproducción de la Animación	95
Figura 67. Herramientas para renderizar.....	95
Figura 68. Estilos de iluminación	96
Figura 69. Definición de la resolución del Render	96
Figura 70. Salida de la renderización.....	97
Figura 71. Imágenes para simular el proceso.....	98
Figura 72. Configuración de la animación.....	98
Figura 73. Representación del Script para la simulación.....	99
Figura 74. Presentación del HMI	100
Figura 75. Pantalla de Información.....	100
Figura 76. Pantalla de Información de manera general	101
Figura 77. Representación de Alarma critica.....	101
Figura 78. Diagnóstico de Averías.....	102
Figura 79. Generalidades y Particularidades de las estaciones.....	103
Figura 80. Información de la Barra de Estado	104
Figura 81. Información de la Barra de Herramientas.....	104
Figura 82. Estado para las estaciones del sistema HAS-200	105
Figura 83. Navegación del HMI	105
Figura 84. Control de mando de la estación de Producción	106
Figura 85. Visualización de las Alarmas en la estación de Producción.....	107
Figura 86. Variables relevantes de la estación de producción	108
Figura 87. Mímico de la estación de Producción.....	109
Figura 88. HMI implementado para la estación de Producción.....	109

Figura 89. Visualización de las Alarmas en la estación de Medición.....	110
Figura 90. Variables relevantes de la estación de medición	111
Figura 91. Mímico de la estación de Medición.....	111
Figura 92. Límites de Tolerancia para los productos.....	112
Figura 93. HMI implementado para la estación de Medición	112
Figura 94. Visualización de las Alarmas en la estación de Tapado	113
Figura 95. Variables relevantes de la estación de tapado	113
Figura 96. Mímico de la estación de Tapado	114
Figura 97. HMI implementado para la estación de Tapado	114
Figura 98. Visualización de las Alarmas en la estación de Paletizado	115
Figura 99. Variables relevantes de la estación de paletizado.....	116
Figura 100. Mímico de la estación de Paletizado	116
Figura 101. HMI implementado para la estación de Paletizado	117
Figura 102. Creación de Tópico.....	118
Figura 103. Tiempo de adquisición de Datos	118
Figura 104. Nombre de Acceso del HMI.....	119
Figura 105. Esquema de la red LAN dentro del Laboratorio.....	120
Figura 106. Asignación de direcciones IP para las PC locales	122
Figura 107. Herramienta BOOTP-DHCP Server.....	123
Figura 108. Asignación de dirección IP	124
Figura 109. Asignación de IP pública.....	124
Figura 110. Servidores Virtuales Router TRENDNET	125
Figura 111. Configuración de las direcciones y puerto de la cámara IP.....	125
Figura 112. Implementación de la Cámara IP	126
Figura 113. Instalación Windows Server 2012 R2	127
Figura 114. Cambio de nombre del equipo.....	127
Figura 115. Agregar Roles y Características de Windows Server	128
Figura 116. Instalación de Roles y Características de Windows Server.....	129
Figura 117. Página creada por IIS.....	130
Figura 118. Menú de instalación SQL Server 2012.....	131

Figura 119. Selección de las características de SQL Server 2012	131
Figura 120. Tipo de autenticación de la instalación	132
Figura 121. Setup Instalación System Platform.....	132
Figura 122. Instalación de prerequisites Systema Platform	133
Figura 123. Componentes necesarios para el Servidor	134
Figura 124. Usuario y Contraseña que utiliza Wonderware	134
Figura 125. ArcestrA License Manager	135
Figura 126. Herramienta Configurator de Wonderware	136
Figura 127. Abriendo la aplicación Web de Wonderware.....	136
Figura 128. Entorno de desarrollo Wondeware Information Server.....	137
Figura 129. Desarrollo de las pantallas para el SCADA	138
Figura 130. Herramienta ArcestrA Web Exporter	138
Figura 131. ArcestrA Web Exporter	139
Figura 132. Publicación de pantallas	140
Figura 133. Página Web para Monitoreo Estación de Producción HAS 202	140
Figura 134. Página Web para Monitoreo Estación de Medición HAS 205	141
Figura 135. Página Web para Monitoreo Estación de Tapado HAS 207	141
Figura 136. Página Web para Monitoreo Estación de Paletizado HAS 210.....	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Colores a utilizar en el diseño de pantallas	52
Tabla 2 Direcciones de los dispositivos dentro de la red LAN	121
Tabla 3 IP Pública	122

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Descripción de Dispositivos de la Estación de Producción HAS-202.....	11
Cuadro 2	Descripción de Dispositivos de la Estación de Medición	13
Cuadro 3	Descripción de Dispositivos de la Estación de Tapado HAS-207	15
Cuadro 4	Descripción de Dispositivos de la Estación de Paletizado HAS-210	18
Cuadro 5	Características del Software Ed-MES.....	20
Cuadro 6	Características de los sistemas de la Producción	31
Cuadro 7	Parámetros cognitivos para el desarrollo de las HMI	38
Cuadro 8	Tareas y situaciones generadas por la estación de Producción HAS-202	43
Cuadro 9	Tareas y situaciones generadas por las estaciones de Medición	43
Cuadro 10	Tareas y situaciones generadas por las estación de Tapado.....	44
Cuadro 11	Tareas y situaciones generadas por la estación de Paletizado HAS-210	44
Cuadro 12	Detalle de uso de colores	53
Cuadro 13	Niveles de Jerarquía	70
Cuadro 14	Formato de Texto para el HMI del Sistema HAS-200	76
Cuadro 15	Uso de Colores para las HMI del sistema HAS-200.....	77
Cuadro 16	Identificación de las variables de cada estación.....	78
Cuadro 17	Alarmas del SCADA.....	89
Cuadro 18	Características generales del servidor	126

RESUMEN

El equipo HAS-200 es un sistema altamente automatizado de la empresa SMC, el cual emula un proceso industrial a pequeña escala, el producto está dirigido a universidades, centros de formación profesional y grandes empresas. A principios del 2015 la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE lo adquirió para el Laboratorio de Manufactura Integrada por Computador. Originalmente el sistema HAS-200 viene de fábrica con el software EdMES que se caracteriza por realizar la gestión de la producción y el control estadístico del proceso, siendo este software netamente educativo. Por otro lado se encuentra el software 3DSupra el cual proporciona toda la información de las variables relevantes de la planta para poder realizar un correcto monitoreo del sistema, por costos operativos solo se ha adquirido el primero en mención, es ahí donde interviene el presente trabajo de investigación, el cual implica realizar el diseño e implementación de un sistema que proporcione la información relevante del proceso, en este caso mediante un HMI. Las Interfaces Humano Máquina HMI y SCADA son requeridas para el monitoreo y control de sistemas industriales, las características que se den al mismo dependerán de las necesidades del usuario. Se ha utilizado las normativa ISA 101, que aunque actualmente se encuentra en borradores proporciona ciertas características de diseño para HMI's que la hacen una de las más acertadas en este campo de investigación.

Palabras Clave:

- HMI
- SCADA
- HAS-200
- ISA 101

ABSTRACT

The HAS-200 is a highly automated system from SMC Company, which simulates an industrial process on a small scale, the product is aimed at universities, professional training centers and big companies. In early 2015 the University of the Armed Forces - ESPE acquired for Computer Integrated Manufacturing Laboratory. Originally the HAS-200 system is shipped with the software EdMES characterized by performing production management and statistical process control, this purely educational software. On the other side is the software 3Dsupra which provides all the information of the relevant variables of the plant to perform proper monitoring system, operating costs only acquired the first to mention this is where involved in this work research, which involves making the design and implementation of a system that provides the relevant information from the process, in this case by HMI. The Human Machine Interfaces HMI and SCADA are required for the monitoring and control in the industrial systems, the features occur at the same depends the users features. It has been used normative ISA 101, although it is currently in draft provides certain design features to HMI's, that make it one of the most successful in this field of research

Index Terms:

- HMI
- SCADA
- HAS-200
- ISA 101

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, consta de Departamentos académicos entre ellos el Departamento de Eléctrica y Electrónica (creado el 25 de abril de 1977), en el DEEE existen diferentes laboratorios para desarrollar las competencias de los estudiantes de las carreras a las que sirven.

El laboratorio de Manufactura Integrada por Computador CIM actualmente ha sido renovado, cambiado del sistema CIM 2000 Mechatronics de la empresa DEGEM SYSTEM al sistema de producción HAS-200 de la empresa SMC, con lo cual se potenciará las siguientes competencias:

- Análisis
- Diagnóstico y reparación de averías
- Diseño/Síntesis
- Elaboración de documentación
- Instalación y montaje
- Interpretación de documentación
- Manejo y operación
- Programación
- Puesta en marcha

El laboratorio de Manufactura Integrada por Computador toma estas características, con la adquisición del sistema altamente automatizado HAS-200 de la empresa SMC, el producto está dirigido a universidades, centros de formación profesional y grandes empresas; siendo en el Ecuador la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la única universidad que ha adquirido el mencionado sistema.

El crecimiento y demanda de nuevas tecnologías obliga el uso eficiente de la información, facilitando tareas que se basan en el control y monitoreo remoto de entornos industriales, con el cambio de la matriz productiva, la creación de 11 plantas industriales y no se puede obviar las 8 repotenciadas hidroeléctricas. Es necesario y muy pertinente, en términos de innovación, arquitectura, conectividad e integración de dispositivos, la implementación de interfaces HMI en estos procesos automatizados.

El HAS-200 será el ambiente industrial que con la implementación de las interfaces humano máquina y un sistema SCADA tendrá la capacidad de operar, controlar, monitorizar de manera general el sistema, aplicando rigurosas directrices y normas industriales internacionales relativas al desarrollo de sistemas HCI (Interacción persona computador) y la norma ISA SP 101.

El sistemas HAS-200 cuenta con el software 3DSupra que es una de las herramientas encargadas de la supervisión y simulación en tres dimensiones, en su concepción se han tenido en cuenta varios aspectos que le hacen ser extremadamente atractivo y útil en un entorno formativo y el mismo que por cuestiones de presupuesto no fue adquirido junto con el software EdMES de concepción modular, que permite reproducir las situaciones reales y las funciones más relevantes asociadas con un “Sistema de Ejecución / Gestión de la producción”. Todos los módulos disponen del modo de control sobre la máquina (Online); y el modo que permite estudiar los conceptos asociados con el modo en particular (Teaching). (SMC, 2015)

1.2. Justificación e Importancia

El sistema altamente automatizado HAS-200 permite que se evidencien procesos industriales de producción a gran escala, siendo éste un sistema de entrenamiento altamente calificado para carreras técnicas que basen sus principios en la automática.

Para este proyecto de investigación se realizará un estudio del sistema HAS-200, la implementación de interfaces usando la metodología de la guía ergonómica de diseño de interfaces de supervisión centrada en el usuario, ya que con la usabilidad de esta

guía los operadores del HAS-200, tendrán la capacidad de gestionar eficazmente la operación de producción del sistema, en particular para respuestas a situaciones anormales, las cuales se solucionarán mediante alertas que la interfaz emitirá, que además con un monitoreo remoto del proceso desde la WEB diseñando un entorno SCADA, mediante el cual se podrá evidenciar el esquema con el que actualmente cuenta esta primera versión del sistema altamente automatizado, manteniendo una escalabilidad al tener que alcanzar un esquema de 12 estaciones que podrían ser adquiridas dependiendo de la disponibilidad del presupuesto que mantengan las autoridades.

El Diseño de interfaces hoy en día está enfocado en la experiencia con el usuario y la interacción con el mismo, de esa manera el hardware y software se convierten en simples herramientas sobre las cuales se ha diseñado la interfaz, estas condiciones no han sido tomadas en cuenta en el pasado por ese motivo la Sociedad Internacional de Automatización ISA, a partir del 2009 empieza a desarrollar un borrador acerca del diseño de interfaces llamado ISA 101, de tal manera que las interfaces del HAS-200 seguirán la normativa que se plantea hasta la fecha en dicha norma.

Actualmente las interfaces son importantes y por ello se generan nuevas temáticas de investigación y diseño sobre la interacción del usuario con la interfaz, tal es el caso de los HCI (Interacción Persona Ordenador) de esa manera los usuarios del HAS-200 tendrán un software usable, fácil de aprender, fácil de recordar y muy funcional. (Hughes, 1996)

Las nuevas tecnologías móviles y computadoras sofisticadas, hacen que se introduzca soluciones innovadoras y escalables para el HAS-200, que basan su principio en arquitecturas abiertas que ofrecen funciones de alto rendimiento para un monitoreo moderno y eficaz del proceso de producción.

El diseño de un sistema SCADA permitirá a los usuarios el despliegue de una aplicación remota para monitorizar los pedidos de producción que se los verificará mediante una cámara IP, que será instalada en el proceso.

Según el perfil de egreso como Ingeniero en Electrónica, Automatización y Control se integra tecnologías de última generación para la optimización de la operación de procesos productivos con creatividad y cumpliendo normas internacionales para la documentación y presentación de sus diseños, debido a que este sistema de entrenamiento es netamente didáctico obliga a los estudiantes que ocupen nuevas tendencias de desarrollo, con aplicaciones reales y estar al día con las tecnologías como MySCADA, aplicaciones con dispositivos móviles, desarrollo de páginas WEB, uso de bases de datos y reportes de producción fundamentalmente usando el concepto de movilidad.

Por medio del este proyecto de investigación el laboratorio de manufactura integrada por computadora, completará el software que le permite supervisar el estado de las estaciones, sin ser necesario el adquirir la plataforma 3D-Supra, que tiene un valor de \$ 9000 dólares lo cual no justifica su compra, ya que los estudiantes del último nivel de la de Ingeniería en Electrónica, Automatización y Control tienen la suficiente capacidad para desarrollar las mismas funciones de este software, que cumple con la tarea de monitoreo del proceso de producción de botes con granza azul de tres tipos diferentes de pesos.

1.3. Alcance Del Proyecto

Diseño de la interface humano máquina centrada en el usuario; considerando el proceso recomendado por la guía GEDIS y la norma ISA SP-101, garantizando operar y mantener el uso efectivo del proceso de producción tanto para situaciones normales y anormales.

El HMI permitirá: “Cumplir las mismas funciones del software 3DSupra”

- Visualización en 3D de las estaciones del sistema, mediante una simulación.
- Información del estado de las balizas de señalización de cada una de las estaciones.
- Información del estado de entradas/salidas y variables relevantes (código de barras, peso, etc.)

- Modo de Supervisión/Operación sobre la estación en tiempo real
- Reproducción del panel de control de la estación de trabajo. Posibilidad de accionamiento de pulsadores
- Trabajar en modo integrado con el Software EdMES, de manera que se pueda evidenciar en el HMI el proceso productivo y funcionamiento de cada estación, teniendo en cuenta las alarmas y mensajes de alerta.

El sistema HAS-200 que actualmente está instalado en el laboratorio de manufactura integrada por computador, es un esquema de 4 estaciones operativas que son; Producción, Medición Digital, Tapado y Etiquetado y por último Paletizado, de las 12 que son posibles. Se plantea llegar hasta una primera versión de desarrollo de las interfaces del esquema actual y el sistema SCADA.

Las interfaces HMI se implementarán mediante la plataforma de desarrollo de Development Studio 2010 de la empresa Schneider, se ocuparán herramientas avanzadas del entorno ArchestrA e Intouch para obtener una correcta simulación en 3D del proceso de producción, teniendo en cuenta que el proyecto se enfocará al entorno didáctico.

El sistema SCADA se lo enfocará para este proyecto de investigación en establecer la adquisición, monitorización y visualización de datos para interactuar con el proceso de producción y sus dispositivos de control.

El sistema SCADA permitirá al profesor mostrar a los estudiantes el funcionamiento del proceso de producción, en tiempo real; permitiendo que la curva de aprendizaje sea mejorada.

El SCADA del sistema HAS-200 permitirá la visualización del sistema mediante una cámara IP instalada en el centro del proceso de producción, de esa manera se podrá verificar las alarmas que tendrá el sistema y se evidenciará a través de la monitorización del mismo, además tendrá monitoreo remoto del proceso desde la WEB.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar la interface HMI del sistema HAS-200 centrada en el usuario y un sistema de monitoreo remoto SCADA, que trabajen de manera integrada con el software EdMES.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer las estrategias operativas necesarias para alcanzar una alta usabilidad del sistema.
- Diseñar las Interfaces HMI centradas en el usuario
- Implementación del diseño mediante el uso de herramientas avanzadas de la plataforma Development Studio.
- Monitorizar el sistema a distancia, desde cualquier dispositivo móvil avanzado.
- Evaluar la funcionalidad del sistema integrado

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción al sistema HAS-200

La operatividad del sistema altamente automatizado HAS-200 permite evidenciar un proceso de producción real, orientado al uso didáctico y de formación profesional técnica, identificando varios perfiles del profesional en automatización y control que son: análisis de procesos discretos, cumplimiento de normas internacionales de diseño, soluciones acordes al desarrollo tecnológico y aplicación de técnicas de programación de alto nivel.

Debido a estas necesidades actuales en las industrias con alto nivel de automatización el sistema HAS-200 permite simular un sistema de ejecución de manufactura MES, por lo cual los fabricantes han elaborado un hardware netamente industrial y a su vez dispone de un software especializado en resolver y gestionar la producción.

Las tecnologías que son capaces de integrar este sistema de entrenamiento altamente automatizado son:

- Electro neumática
- Motores Eléctricos
- Tableros de Control
- Comunicaciones Industriales
- Sistemas de identificación por código de barras
- Sensores
- Sistemas MES

Cada una de estas tecnologías son las respuestas que buscan los múltiples sectores de producción a alta escala (automoción, semiconductores, farmacéutico, alimenticio, etc.), cubriendo así los cuatro primeros niveles de la pirámide de automatización adentrándose al nivel ERP (*Enterprise Resource Planning*) para los pedidos de fabricación.

A nivel universitario este sistema automático podrá contribuir con una serie de proyectos de investigación, brindando un elevado estudio en el área de automatización.

2.2. Características y funciones del HAS-200

La propuesta de la empresa SMC siendo el fabricante del HAS-200, para reproducir un sistema altamente automatizado es tener 12 estaciones, que serán las encargadas de la producción de 19 productos diferentes. La materia prima consta de un recipiente con cuatro tipos de etiquetas (amarilla, azul, roja y multicolor) con su respectivo código de barras como se observa en la Figura 1, para ser reconocidos durante el proceso de producción de determinado producto. (SMC, 2015)

El proceso inicia cuando se vierte las perlas de colores en cantidades establecidas, mediante la orden de pedido si es de 15gr, 30gr, 45gr. Estableciendo de esa manera las 19 combinaciones posibles para la producción en tiempo real.



Figura 1. Recipientes del sistema HAS-200

Fuente: (SMC International Training, 2015)

Cuando los recipientes han sido llenados con el peso establecido, seguidamente se tendrá el control de calidad que viene dado de dos maneras, mediante la estación de

medición análoga o la estación de medición digital, ambas cumplen el mismo proceso teniendo como única diferencia el sensor que actúa en cada una de las estaciones respectivamente.

Terminado el proceso de calidad correspondiente, a los recipientes se les colocará una tapa y a la vez se imprimirá la información propia del producto enviada en la orden de pedido, puede incluir la fecha de fabricación, peso del producto, destinatario, etc. Inmediatamente el producto se traslada a las estaciones de almacenamiento tanto vertical y horizontal y quedarán en espera para ser despachadas.

Como último proceso se deberá realizar el despacho mediante la estación de paletizado, por medio de la manipulación del recipiente desde la banda transportadora hacia las rampas de paletizado y expedición, pudiendo llegar a tener un máximo de ocho recipientes. De tal forma que finaliza en esta estación el proceso de producción.

Y finalmente la estación que almacena la materia prima: recipientes, tapas y perlas de los diferentes colores amarillo, azul y rojo. Como también la estación de reciclaje que clasifica la materia prima mezclada cuando se realiza una orden, de un producto multicolor y el armario de control que incluye los requerimientos tanto eléctricos como neumáticos para el correcto funcionamiento del sistema.

El sistema HAS-200, cuenta también con un software que ha sido desarrollado por los fabricantes del sistema, como es el Ed-MES y el 3DSupra, para la gestión y supervisión del proceso de producción ya descrito.

Habiendo caracterizado el sistema HAS-200, tanto en hardware como en software, el laboratorio de manufactura integrada por computador adquirió de forma parcial el sistema teniendo actualmente en hardware:

- Estación de Producción HAS-202 (perlas azules).
- Estación de Medición Digital HAS-205.
- Estación de Medición Analógica HAS-206.

- Estación de Tapado HAS-207.
- Estación de Paletizado HAS-210.

Y el software que ha sido adquirido es:

- Sistema de Ejecución de la Producción Ed-MES

2.3. Esquema actualmente adquirido del HAS-200

La Universidad de las Fuerzas Armadas a través del laboratorio de Manufactura Integrada por computador ha adquirido 5 de las 12 estaciones de trabajo, a continuación se detalla cada una de ellas.

2.3.1. Estación de Producción HAS-202

La estación de producción azul (HAS-202) como se observa en la Figura 2, permite la alimentación, llenado y pesado de los recipientes. También posibilitaría el llenado de los botes multicolor provenientes de la estación HAS-201.

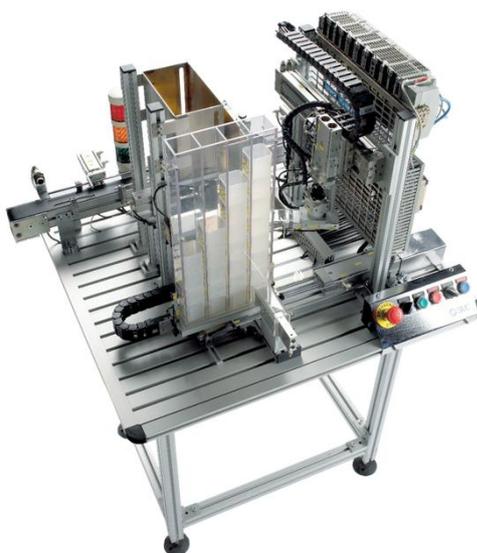


Figura 2. Estación de Producción HAS-202

Fuente: (HAS-200 - Galería de imágenes, 2015)

Los recipientes son almacenados en un alimentador por gravedad, son extraídos del mismo mediante el empuje de un cilindro. Se realiza el llenado de los botes como se observa en la Figura 3, con la materia prima almacenada en las tolvas y posteriormente se trasladan hasta la cinta transportadora. (SMC, 2015)

Estas estaciones disponen de un PLC Allen Bradley Compact Logix y una báscula digital con comunicación RS-232 con el PLC.



Figura 3. Llenado de Perlas azules por la estación de producción HAS-202

Además cuenta con módulos, sensores, y otros dispositivos que hacen posible su correcto funcionamiento en el proceso, en el Cuadro 1 se indicará cada uno de los correspondientes elementos del HAS-202.

Cuadro 1

Descripción de Dispositivos de la Estación de Producción HAS-202

ESTACIÓN DE PRODUCCIÓN AZUL HAS-202			
Módulos	Sensores	Actuadores	Otros Dispositivos
Alimentación de Recipientes	Magnético Reed (x15)	Cilindros Neumáticos	Ventosas (x2)

CONTINÚA

		Lineales (x13)	
Desplazamiento de recipientes	Fotocélula tipo barrera (x2)	Giratorio Neumático (x1)	Eyector del Vacío (x1)
Modulo dosificación	Fotocélula proximidad (x2)	Motor de CC (x1)	Dispositivo serial báscula (x1)
Báscula	Fotocélula reflex (x1)	- - -	Contenedor Rechazos (x1)
Cinta Transportadora	Vacuostato (x1)	- - -	- - -

2.3.2. Estación de Medición HAS-205 y HAS-206

Las estaciones de Medición del sistema HAS-200, como se observa en la Figura 4 consta adicionalmente con una cinta buffer de almacenamiento además de la medida del producto que transporta el recipiente a través del proceso.



Figura 4. Estaciones de Medición HAS-205 y HAS-206

Fuente: (HAS-200 - Galería de imágenes, 2015)

Estas dos estaciones son las encargadas de medir la altura, de la materia prima contenida en los recipientes como se observa en la Figura 5. Se distinguen entre ellas

en el modo de realizar la medición de la altura; una de ellas utiliza un encoder lineal HAS-205, mientras que la otra realiza la medición mediante un potenciómetro lineal HAS-206, que genera una medición analógica proporcional. (SMC, 2015)



Figura 5. Medición de altura de las perlas contenidas en los recipientes

Esta estación permite el estudio de conceptos relacionados con los cuellos de botella, control de calidad, control estadístico de procesos, etc. Además cuenta con módulos, sensores, y otros dispositivos que hacen posible su correcto funcionamiento en el proceso, en el Cuadro 2 se indicará cada uno.

Cuadro 2

Descripción de Dispositivos de la Estación de Medición

ESTACIÓN DE MEDICIÓN HAS-205 Y HAS-206			
Módulos	Sensores	Actuadores	Otros Dispositivos
Módulo de Medición	Magnético Reed (x8)	Cilindros Neumáticos Lineales (x8)	Ventosas (x2)
Cinta Buffer	Fotocélula proximidad (x1)	Cilindro con lectura	Eyector del Vacío (x1)

CONTINÚA

			de carrera (x1)
Cinta Transportadora	Encoder Lineal (x1)	Motor de CC (x2)	Dispositivo serial BCR (x1)
Báscula	Potenciómetro Lineal (x1)	- - -	Relé arrancador de motor Buffer(x1)
Cinta Transportadora	Vacuostato (x1)	- - -	Contenedor de Rechazos (x1)

2.3.3. Estación de Colocación de Tapas HAS-207

La estación de colocación de tapas, que se dispone en el esquema actualmente adquirido se observa en la Figura 6.



Figura 6. Estación de Tapado HAS-207

Fuente: (HAS-200 - Galería de imágenes, 2015)

En esta estación se coloca la tapa en posición correcta sobre el recipiente como se observa en la Figura 7 y se imprime una etiqueta con la fecha de fabricación y otras informaciones para identificar el producto final.



Figura 7. Colocación de tapa sobre el recipiente

Las tapas son almacenadas en un alimentador por gravedad, del cual son extraídas y colocadas sobre el bote. Una impresora realiza la impresión y suministro de etiquetas, para colocarlas en la parte superior de la tapa, una vez cerrado el recipiente. En dicha etiqueta, el usuario puede personalizar por medio del programa del PLC el tipo de leyenda a imprimir (fecha, caducidad, etc.) (SMC, 2015)

Además cuenta con módulos, sensores, y otros dispositivos que hacen posible su correcto funcionamiento en el proceso, en el Cuadro 3 se indicaran cada uno.

Cuadro 3

Descripción de Dispositivos de la Estación de Tapado HAS-207

ESTACIÓN DE COLOCACIÓN DE TAPAS HAS-207			
Módulos	Sensores	Actuadores	Otros Dispositivos
Alimentación de Tapas	Magnético Reed (x10)	Cilindros Neumáticos Lineales (x10)	Ventosas (x5)

CONTINÚA

Inserción de Tapa/Etiqueta	Fotocélula tipo barrera (x1)	Motor de CC (x1)	Eyector del Vacío (x3)
Cinta Transportadora	Fotocélula proximidad (x1)	- - -	Dispositivo serial BCR (x1)
- - -	Vacuostato (x3)	- - -	Contenedor de Tapas (x1)

2.3.4. Estación de Paletizado HAS-210

La estación de paletizado, que se dispone en el esquema actualmente adquirido se observa en la Figura 8.



Figura 8. Estación de Paletizado HAS-210

Fuente: (HAS-200 - Galería de imágenes, 2015)

Esta estación realiza la función de despacho del proceso de producción final, ubicando los recipientes en dos rampas de paletizado y expedición, como se observa en la Figura 9. El producto final se agrupa en bloques de cuatro unidades, despachándolos una vez completo dicho lote. (SMC, 2015)



Figura 9. Rampas de Paletizado

Tiene la posibilidad de influir directamente para la detección de fallos, mediante la simulación de averías TROUB-200, como se ve en la Figura 10, que permite generar hasta 16 disfunciones distintas que el usuario deberá diagnosticar.



Figura 10. Generador de fallas propia de la estación de Paletizado

Además cuenta con módulos, sensores, y otros dispositivos que hacen posible su correcto funcionamiento en el proceso, en el Cuadro 4 se indicarán cada uno.

Cuadro 4

Descripción de Dispositivos de la Estación de Paletizado HAS-210

ESTACIÓN DE PALETIZADO HAS-210			
Módulos	Sensores	Actuadores	Otros Dispositivos
Manipulador del Traslado del Recipiente	Magnético Reed (x9)	Cilindros Neumáticos Lineales (x10)	Ventosas (x1)
Módulo de la plataforma de la rampa	Fotocélula de proximidad (x1)	Motor de CC (x1)	Eyector del Vacío (x1)
Cinta Transportadora	Vacuostato (x1)	- - -	Dispositivo serial BCR (x1)
- - -	- - -	- - -	Caja de Generación de Averías

2.4. Sistema de ejecución de la Producción Ed-MES

El sistema HAS-200, al ser un sistema altamente automatizado, genera necesidades productivas que serán cubiertas mediante el desarrollo de los sistemas MES y ERP, bajo la condición de integración, facilitando así el análisis del flujo de materiales y el flujo de información.

Estas nuevas herramientas tecnológicas pueden optimizar los procesos operativos internos, ahorrar costos y ser más eficientes, siendo indispensable para la toma decisiones y la correcta ejecución de la producción en tiempo real.

El concepto de los sistemas de ejecución de la producción (MES), se establece en Boston en 1992 por las AMR Research Inc, como el nivel de ejecución de las actividades de manufactura, el cual existe entre la empresa y el sistema de control, que provee esta visibilidad y control funcional. Más tarde la asociación industrial MESA

(*Manufacturing Enterprise Systems Association*), define MES como “Guiar, iniciar, responder e informar sobre las actividades de planta cuando ocurren”.

Asociando los conceptos con el HAS-200 el sistema MES, brindará las siguientes funciones para la correcta gestión integral del proceso de producción, mediante los cuales los estudiantes del último nivel de la carrera de Electrónica, Automatización y Control podrán integrar tecnologías de última generación para la optimización de procesos productivos con creatividad, cumpliendo normas internacionales para la documentación y presentación de sus diseños. (SMC, 2015)

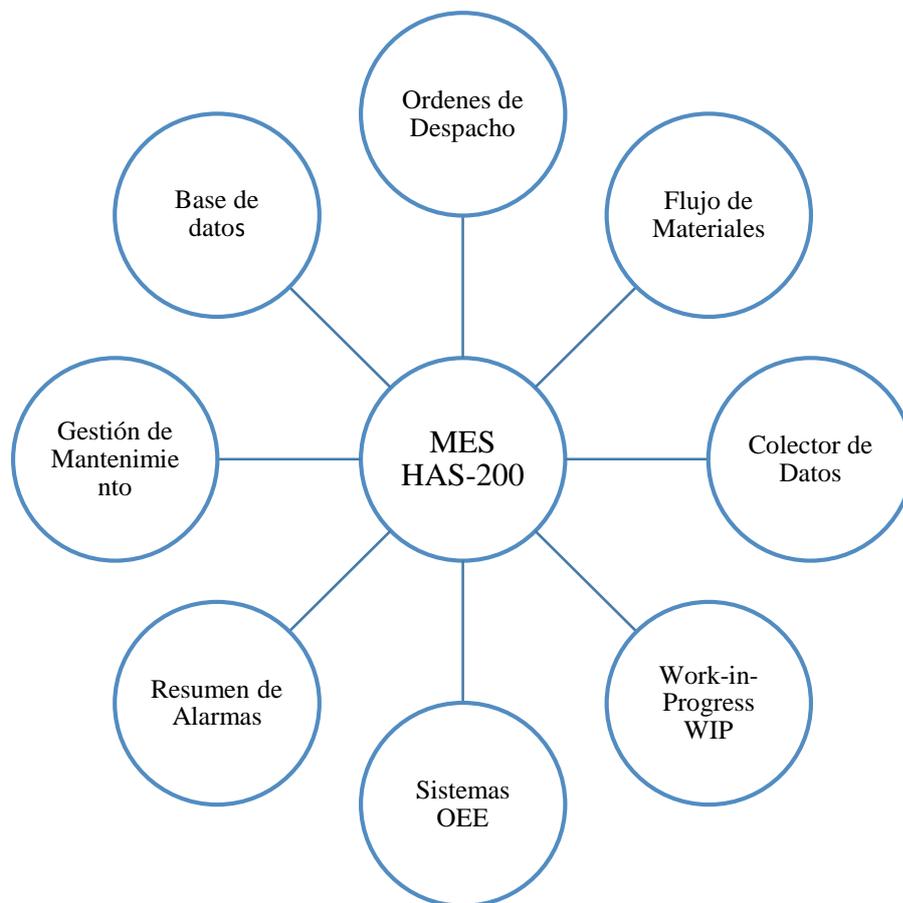


Figura 11. Bondades del sistema MES para ser tratados en el HAS-200

En la Figura 11, se mencionan las funciones con las cuales el sistema Ed-MES controla la ejecución de la producción del sistema HAS-200, manteniendo la integración del sistema o de manera modular, además establece las características que fundamentan llegar al nivel más alto de la pirámide de automatización.

Cuadro 5
Características del Software Ed-MES

Funciones	Características
Ordenes de Despacho	Dirige las órdenes de trabajo y su programación para todas las ordenes
Material en Movimiento	Necesaria para permitir al usuario la introducción del esquema actual de la planta.
Colector de Datos	Responsable de la recolección de toda la información generada por el sistema.
Work-in- Progress	Necesaria para hacer la trazabilidad de los productos producidos.
Control Estadístico de Procesos	Sirve para realizar el control de la calidad tanto de proceso como de producto.
Gestión de Mantenimiento	Función para la gestión del mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
Resumen de Alarmas	Visor único de todos los avisos, notificaciones y errores producidos sobre el sistema de producción.
Eficiencia General de los Equipos (OEE)	Es la función encargada de analizar la eficiencia del sistema.
Base de Datos	El sistema Ed-MES incluye el motor y el visor de la base de datos y realiza toda la integración de datos de producción mediante una base de datos relacional.

2.5. Modelado 3D y Simulación

Los entornos de producción automática tienen como desafíos la obtención de interfaces de usuario útiles y ergonómicas, muchas de las propuestas desarrollan una especificación externa con cuadros, ventanas y diálogos, pero no aseguran un correcto monitoreo o supervisión de cierto proceso automático, este proyecto de investigación

se encamina en reproducir la interfaz de usuario del sistema HAS-200, a partir de los requisitos y propiedades que tiene un modelo en tres dimensiones.

2.5.1. Características y funciones de los sistemas CAD

Un modelo en tres dimensiones es una representación esquemática de un conjunto de objetos y bosquejos, en este caso los objetos forman parte del prototipo que integran cada una de las estaciones del HAS-200, mediante este modelo permitirá entender, y comprobar el funcionamiento del sistema altamente automatizado. Con un bosquejo a escala de las medidas reales lo que se pretende es tener un uso intuitivo por medio de la renderización de cada estación y con la animación respectiva, pudiendo perfeccionar la textura, la iluminación y la vista. Obteniendo un resultado final idéntico al real.

Características fundamentales de un modelo 3D son:

- Genera una representación que describe una interpretación virtual de la realidad volumétrica y obviamente desde una perspectiva gráfica, que intenta establecer el funcionamiento ante determinado proceso secuencial.
- Tienen en cuenta cada uno de los objetos, que forman parte del sistema y las relaciones que existe entre ellos, para un correcto ensamblaje.
- Mediante las propiedades de los programas soportan los sistemas CAD, se puede atribuir las características propias de los materiales, que forman parte del esquema y así tener un acabado totalmente personalizado.

Funciones de los modelos 3D

- Extraer datos de fabricación.
- Utilizar el modelo para crear una animación,
- Añadir iluminación y crear un sombreado realista.
- Ver el modelo desde cualquier tipo de vista.
- Crear de forma automática vistas 2D auxiliares y estándar fiables.

2.5.2. Simulación del modelado 3D con aplicaciones Industriales

El desarrollo de las simulaciones se puede realizar, una vez que el modelo 3D de determinado proceso haya finalizado, con las dos principales etapas para su generación que son la realización de las piezas y el ensamblaje de las mismas respectivamente.

La aplicación principal del desarrollo de una simulación, es evidenciar el movimiento del proceso y cada una de las condiciones y la serie de situaciones normales que se puedan reproducir del proceso físico, para poder obtener un monitoreo constante, sin embargo no con una simulación se solucionará por completo el control de la planta industrial, ya que esto con lleva un estudio más complejo a nivel de la escala de la pirámide de automatización.

Los mejores resultados como se muestra en la Figura 12, se obtienen al presentar al operario las representaciones más realistas posibles del proceso, desarrolladas mediante un proceso de diseño e implementación en las cuales colaboren operarios, ingenieros de diseño y de procesos y personal de mantenimiento.



Figura 12. Simulación de Interfaces Industriales

Fuente: (PROGEA, 2013)

Las aplicaciones industriales en los anteriores sistemas de automatización basan sus interfaces en tener una visualización 2D del proceso. Ahora este punto de vista cambia rotundamente con interfaces de procesos industriales desarrolladas en un entorno 3D y no es una moda pasajera sino más bien ya es una realidad anunciada, en una gran red de soluciones de múltiples industrias como es el caso de:

- Automovilística.
- Automatización de Edificios.
- Combustibles, Gas y Petroquímicas.
- Alimentación y Farmacéutica.
- Agua y Tratamiento de Agua.

2.5.3. Mejoramiento de la Visualización 3D en tiempo real

La visualización 3D puede beneficiar las aplicaciones HMI dando vida real a figuras, formas, procesos y otros detalles que de otra manera se pierden al ser vistos en una manera 2D tradicional. Al emplear un modelo 3D, un conjunto de imágenes o animaciones permiten una mejor interactividad con la idea, proceso o producto. La mayoría de las veces la idea se recibe mejor en 3D.

Vivimos en un mundo 3D, los ojos y el cerebro están acostumbrados a percibir la profundidad, perspectiva y forma.

Los productos cobran vida cuando son enviados en un formato 3D. Los procesos y tecnologías se pueden mejorar, tanto en funcionalidad como en visualización, mostrándolos en un entorno 3D, especialmente cuando el entorno puede ser tratado para que se parezca a las condiciones reales del proceso – en lugar de un dibujo 2D simplificado. (Elektronika, 2015)

Técnicamente, una imagen 3D es la mejor manera de tratar la visualización de una gran cantidad de datos para mantener la visión global de un sistema. Es en verdad la forma más natural de representar una gran cantidad de información heterogénea.

Las pantallas HMI pueden aprovechar las siguientes ventajas como se muestra en la Figura 13:



Figura 13. Ventajas de HMI en 3D

Las soluciones de interfaces HMI 3D, actualmente evidencian una alternativa de altas prestaciones, ya que puede comunicar información muy compleja de entender, reduciendo tiempos muertos del proceso, y así hacer la comunicación más eficiente y segura. Se tiene que tener en cuenta que los usuarios que van a utilizar las interfaces HMI, no tienen el conocimiento necesario sobre cómo puede funcionar el diseño entonces, la conciencia de los desarrolladores de interfaces debe centrarse siempre en el usuario.

Las interfaces HMI 3D, que serán desarrolladas en el presente proyecto de investigación, evidenciarán la simulación de cada una de las estaciones antes

mencionadas, y se lo realizará mediante el software de desarrollo de Autodesk Inventor 2015, que se lo describirá a continuación.

2.5.4. Características de Autodesk Inventor 2015

Constituye una avanzada herramienta de diseño en 3D, para realizar una representación gráfica a escala de un modelo, a través de la creación de piezas y luego ensamblarlos dándoles restricciones del grado de libertad que tenga cierta pieza dentro del ensamble, inmediatamente el proceso haya culminado y de ser necesaria la aplicación se realiza la simulación estableciendo las posiciones de las piezas en un respectivo instante de tiempo. (AUTODESK, 2015)

En la Figura 14 se muestran más características del Autodesk Inventor.

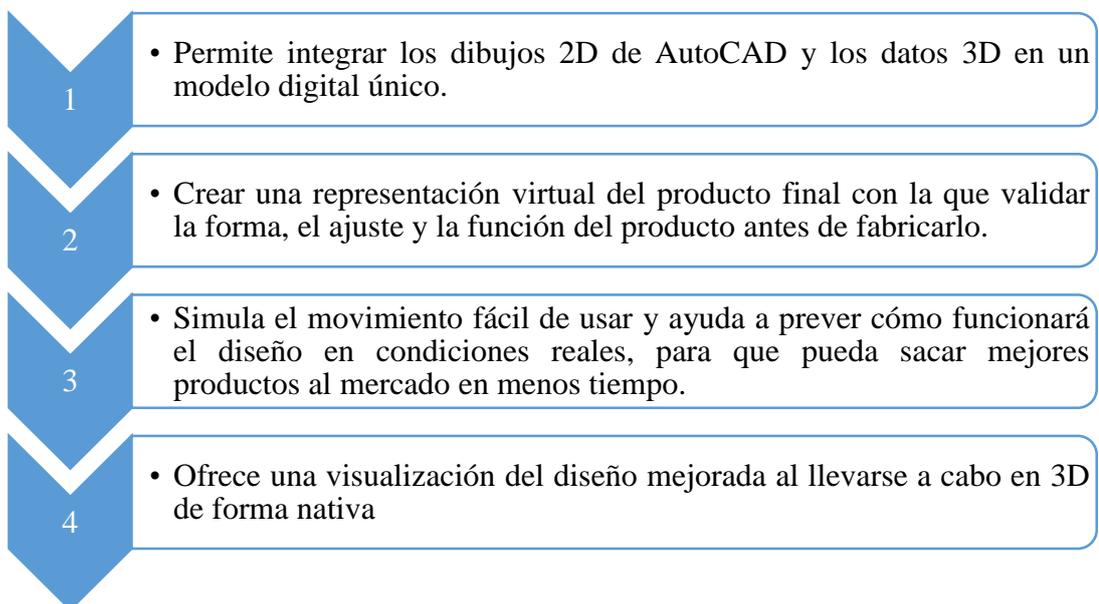


Figura 14. Características del Autodesk Inventor

Como existen múltiples aplicaciones de ingeniería de diseño industrial, Autodesk Inventor tiene un desarrollador fácil y sencillo de entender en comparación de otros, es por ello que debido a estas características se desarrollará la mecanización del sistema HAS-200 utilizando las herramientas que proporciona el mismo.

2.6. Wonderware System Platform

Wonderware System Platform ofrece una plataforma única y escalable para todas las necesidades de información y automatización industrial relacionadas con Soluciones de Software SCADA, HMI de Supervisión, MES y EMI. Con la vanguardia de aplicar sus tecnologías en aplicaciones móviles como se muestra en la Figura 15.



Figura 15. Aplicaciones con Wonderware System Platform

Fuente: (INDUSTRY, 2015)

(Invensys, 2015) sostiene que en el centro de Wonderware System Platform se encuentra el "modelo de la planta", que es la representación lógica de los procesos físicos que están siendo controlados. La tecnología de objetos ArchestrA hace que la configuración, el registro de datos.

Se destacará los beneficios y las capacidades que presenta la plataforma en la Figura 16.

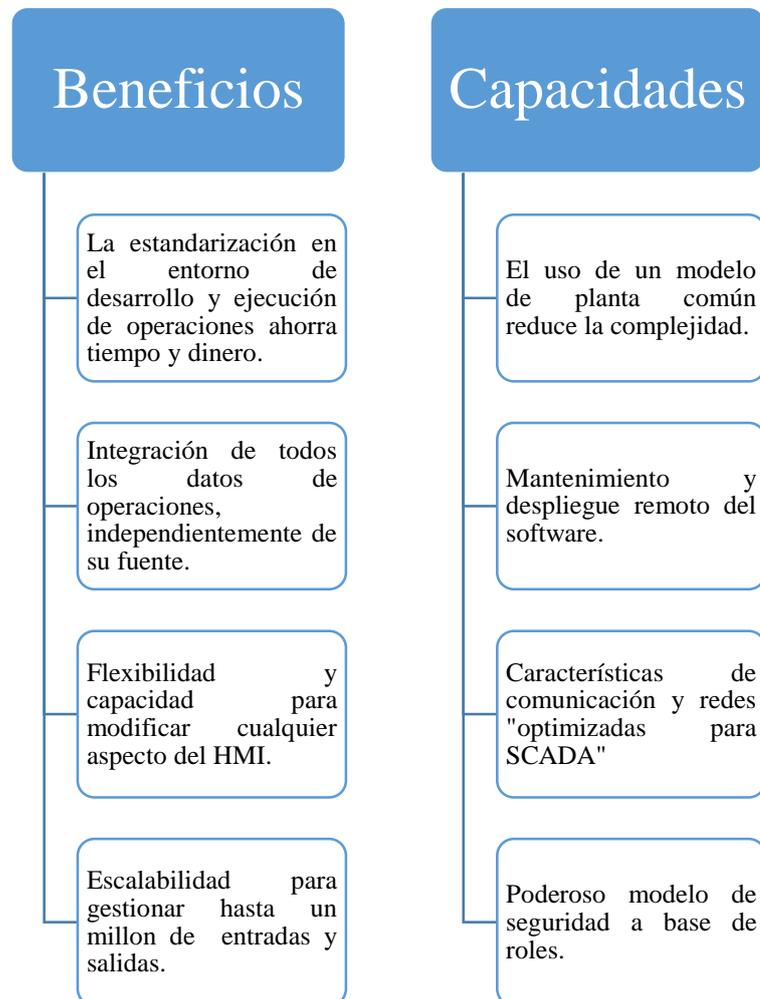


Figura 16. Beneficios y Capacidades de Wonderware System Platform

Fuente: (Invensys, 2015)

2.6.1. Herramienta de desarrollo de Wonderware InTouch HMI

El software InTouch ofrece funciones de visualización gráfica que llevan sus capacidades de gestión de operaciones, control y optimización a un nivel completamente nuevo. Aquello que ahora se conoce en la industria como HMI (*Human Machine Interface*) comenzó hace más de veinte años con el software InTouch. Ningún otro HMI en el mercado puede compararse al software InTouch en términos de innovación, integridad de arquitectura, conectividad e integración de dispositivos, un

ejemplo de ello de lo visualiza en la Figura 17. Y con la migración de versiones de software sin interrupciones y facilidad de uso.



Figura 17. Wonderware InTouch HMI

Fuente: (Wonderware I. , 2015)

Esto se traduce en sistemas basados en estándares que permiten incrementar al máximo la productividad, optimizar la efectividad del usuario, mejorar la calidad y reducir los costos operacionales, de desarrollo y de mantenimiento. (Invensys, 2015)

Las aplicaciones desarrolladas en InTouch, tienen la característica de proporcionar al usuario un software fácil de interpretar, de acuerdo al nivel de integración de dispositivos y equipos que forman parte del proceso industrial para establecer un determinado control y supervisión del mismo como se muestra en la Figura 18, sin dejar de la lado la integración de estos dispositivos manejando ya sea OPC (*Object Linking and Embedding for Process Control*), SQL (*Structured Query Language*), XML (*eXtensible Markup Language*).

Entonces con la representación gráfica de la lista del proceso y la comunicación establecida, permitirá la interacción con las operaciones del proceso y entregará una información correcta en el momento solicitado.

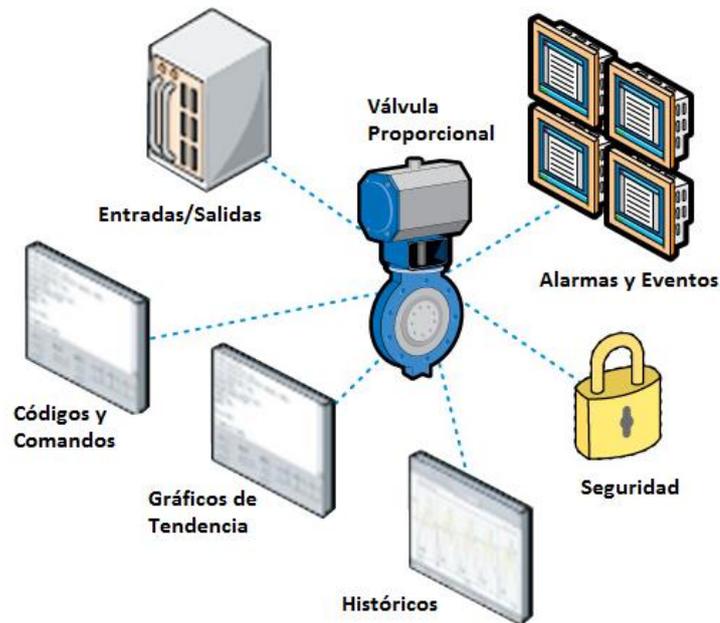


Figura 18. Monitoreo y Supervisión de Intouch

Fuente: (Wonderware I. , 2015)

2.7. Sistemas de Producción en Industrias de Manufactura

El análisis de los sistemas de producción se fundamentan en el objetivo de cubrir necesidades propias de la empresa, que carece de una premisa fundamental que es la integración, lo cual conlleva dificultades en las diferentes etapas de control de la empresa de manufactura, es por ello que se busca analizar la gestión en tiempo real de la planta, teniendo en cuenta dos aspectos fundamentales el control de calidad y planificación de la producción. (Kletti, 2007)

La visión que predomina en el sistema HAS-200 es la automatización, en base a la administración, estructuración y gestión de la base de datos que viene ya desarrollada por MySQL.

Las tecnologías que agrupa el sistema admiten realizar la integración de los sistemas, para abordar las problemáticas de simulación, planificación y planeación de un sistema de producción de avanzada complejidad.

Hoy en día tener un sistema de producción sofisticado marcará una ventaja sustancial con respecto a empresas que aún no cambian la visión de generar distintos factores de calidad en sus productos.

No obstante, los sistemas de producción son totalmente susceptibles de ser optimizados en materia de innovación, flexibilidad, calidad y costo, además de ser integrados a funciones tan importantes como la participación en el diseño y el mejoramiento continuo del producto, lo cual es totalmente compatible

2.7.1. Características de los sistemas de producción automatizados

Las características de los sistemas de producción industriales, revela un análisis exhaustivo dependiendo el escenario de producción que se desarrolle y más aún si se trata de una producción de cientos de miles al día, con una producción esporádica. (Business, 2015)

Estos aspectos marcarán cambios drásticos para el correcto desempeño, porque aunque los dispositivos realicen la mayor parte del trabajo, se necesita de la supervisión humana, pero para su correcta interpretación se ha caracterizado los sistemas producción automática en el Cuadro 6.

Cuadro 6
Características de los sistemas de la Producción

Sistemas de Producción Industrial			
Producción por Trabajo	Producción por Lotes	Producción en Masa	Producción de Flujo Continuo
Se la conoce como producción bajo pedido	Se crea una pequeña cantidad de productos idénticos	Se ocupa de la producción de cientos de productos idénticos, por lo general en una línea de producción.	Es cuando se realizan muchos y miles de productos idénticos.
Consiste en concentrar todos los esfuerzos en elaborar un solo producto cada vez	Contribuyen a agilizar la producción, reduciendo también el factor de personalización que existía en la producción por trabajo.	Esta opción, a menudo implica el montaje de un número indeterminado de componentes individuales	La diferencia entre ésta y la producción en masa es que, en este caso, la línea de producción se mantiene en funcionamiento 24 horas al día
Trata de un concepto asociado a un uso intensivo en la mano de obra	Los lotes de producto se pueden hacer con la frecuencia necesaria	Existen tareas automatizadas, lo que permite dar salida a un volumen de productos más elevado, utilizando menos trabajadores.	De esta forma se consigue maximizar la producción y eliminar los costos adicionales de iniciar y detener el proceso productivo.
Los productos pueden hacerse a mano o mediante una combinación de métodos manuales y mecánicos	Las máquinas pueden también sustituirse por otras fácilmente cuando es necesario producir un lote de un producto diferente.	Este tipo de producción debe establecer procesos más rigurosos para mantener normas de calidad.	Cuenta con procesos más altamente automatizados y la que requiere de menos trabajadores.

2.7.2. Sistemas de producción aplicados al HAS-200

Las operaciones y procesos, deben alinearse con los recursos disponibles (humanos, de maquinaria y equipos y relativos a las infraestructuras) para que las actividades alcancen un equilibrio óptimo. Lograrlo dependerá de la capacidad de control y de la eficiencia en la gestión, que permitan que, desde una buena planificación, se logren objetivos en condiciones de sostenibilidad y máxima productividad.

Por ese motivo el sistema HAS-200, puede ser caracterizado de dos maneras una producción por lotes y una producción en masa, se lo puede caracterizar en una producción por lotes con el esquema actual ya que al ser una producción pequeña de máximo 36 recipientes azules, y así dependiendo la frecuencia de órdenes de pedido se puede ir gestionándolas utilizando un método FIFO (First Input First Output). (Business, 2015)

Y la otra manera de gestionar el HAS-200 es mediante la producción en masa, pero con la condición de tener el sistema completo ya que ahí se tendrá una estación multicolor una estación de producción azul, roja y amarilla respectivamente, sin duda el método de gestión cambiará ya que existen tareas automatizadas, lo cual permitirá dar salida a un volumen de recipientes elevado.

2.8. Estándares para el Diseño de HMI'S

Para el desarrollo de interfaces humano máquina, existen varias alternativas y fuentes de guía como también varias normas internacionales para ejecutar diferentes procesos industriales.

Las normativas internacionales para el buen uso, desempeño y diseño del HMI son de carácter técnico exclusivamente, las implementaciones pueden ir cambiando debido a que cada norma o guía maneja diferentes ideas de desarrollo. En la Figura 19 se indican normas, guías y libros que son usados para el diseño de las interfaces humano

máquina en las industrias y que se han tomado como referencia para el desarrollo del presente proyecto de investigación.

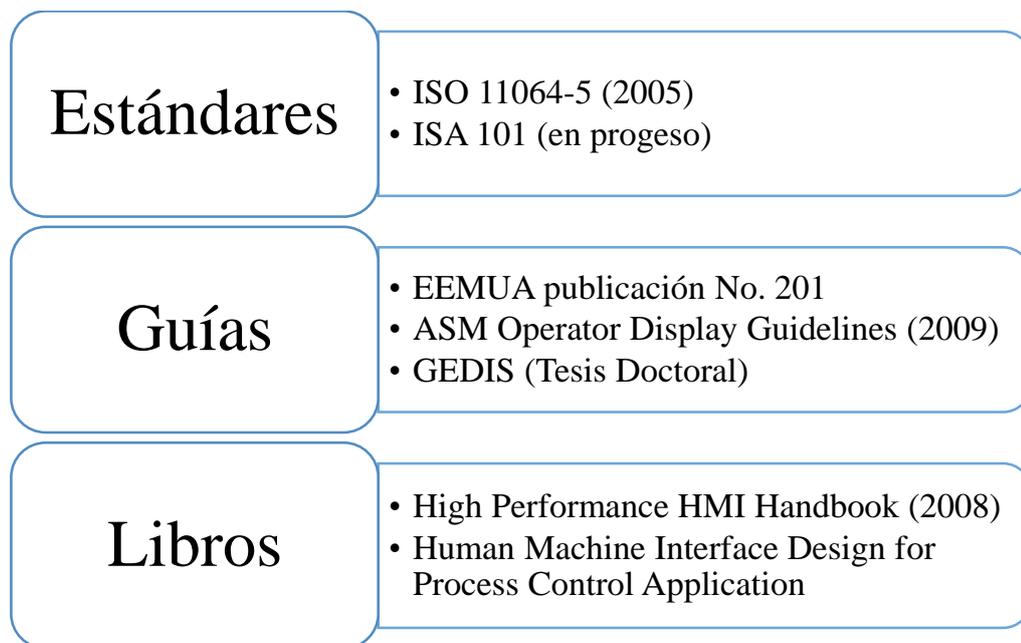


Figura 19. Normas para el diseño de HMI

Cada una de estas guías, normas y libros tienen distintas características, ya que su concepción es diferente. En la actualidad la ISA (*The International Society of Automation*) ha dedicado parte de su trabajo a crear estándares de diseño para el desarrollo de interfaces humano máquina, al ser una institución que ya posee normativas internacionales y su respectivo reconocimiento a nivel mundial se puede decir que toma un peso más preponderante al momento de decidir que normativa utilizar. (ISA, International Society of Automation, 2015)

2.8.1. ISA SP 101

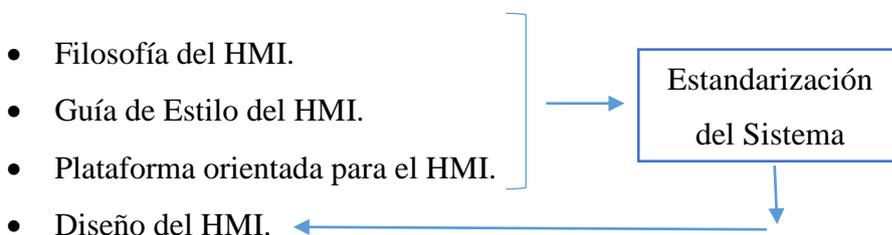
La ISA es una asociación profesional sin fines de lucro que establece estándares aplicables a la ingeniería y mediante ello un mejor desarrollo de tecnología para mejorar la gestión, la seguridad industrial y la seguridad cibernética de los sistemas de

automatización y control modernos utilizados en toda la industria. (ISA, International Society of Automation, 2015)

Fundada en 1945, ISA desarrolla estándares globales ampliamente usados en el campo de procesos, certifica profesionales de la industria, proporciona formación académica, publica libros y artículos técnicos, acoge conferencias y exposiciones, provee de redes y programas de desarrollo de carrera para sus 36.000 miembros y 350.000 clientes en todo el mundo. (ISA, International Society of Automation, 2015)

La norma ISA SP 101 en su comité estableció un estándar, recomendaciones prácticas y reportes técnicos pertinentes para aplicaciones en el desarrollo de interfaces humano máquina aplicadas al control y monitoreo de procesos. (ISA101, Human-Machine Interfaces, 2015)

El alcance de la norma ISA SP 101 aborda temas como:



El *Life Cycle* que la norma establece, permite que las prácticas de trabajo se alinean con las etapas definidas anteriormente. En la Figura 20 se muestra el modelo que la norma ISA SP-101 ha determinado para el desarrollo de las interfaces humano máquina.

Además, indica temas como: la jerarquía de los menús, navegación entre pantallas, colores convencionales, dinámica de los elementos, uso de alarmas, programación de las interfaces, manejo de ventanas emergentes, configuración de servidores de bases de datos.

PROCESOS DE TRABAJO CONTINUO

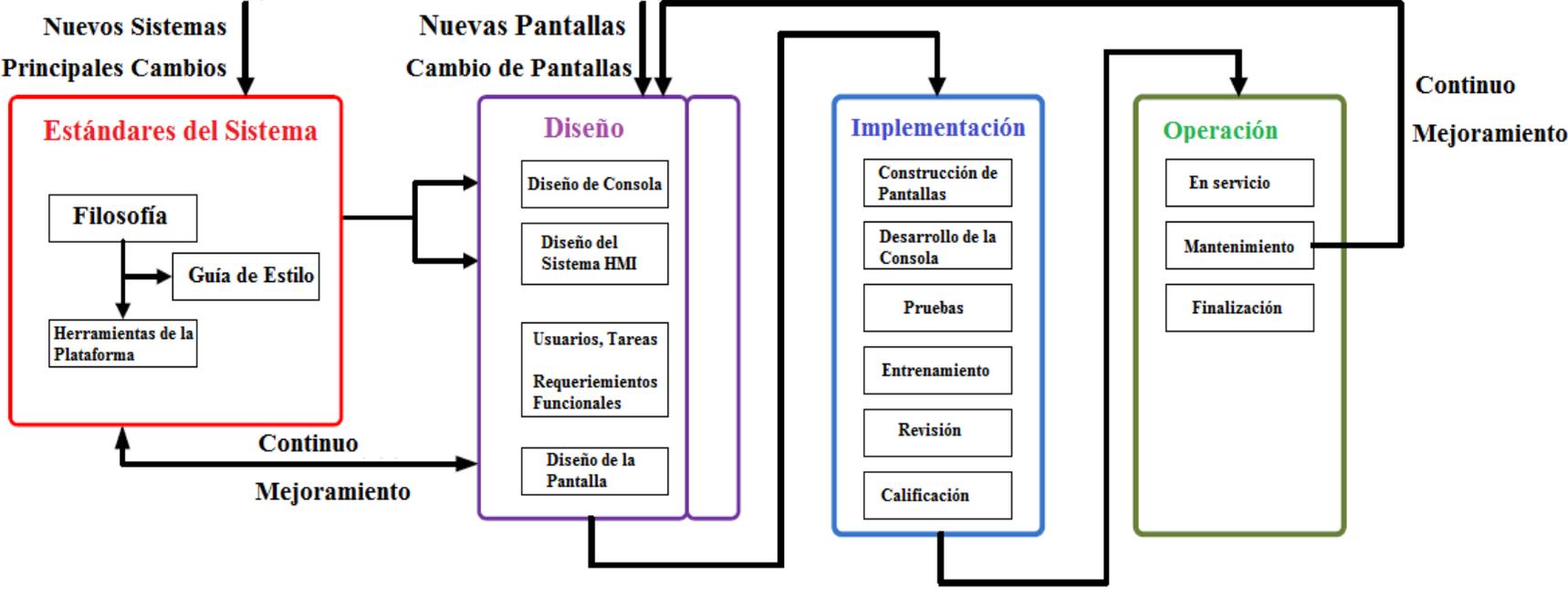


Figura 20. ISA SP 101 Life Cycle para el HMI

Traducción por: Álvarez Marcelo; Robles Richard

CAPÍTULO III

3. ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA HMI

3.1. Filosofía del HMI

Suministra una guía de mejores prácticas para el establecimiento y mantenimiento del HMI. Proporcionará los fundamentos necesarios para el diseño de la interfaz del sistema HAS-200, de modo que los nuevos estudiantes puedan comprender los principios básicos y técnicos del diseño. Ofrece una visión general de las bases de diseño orientadas al usuario y da una visión general del porque de las decisiones tomadas para el diseño. Esto se lo realiza en base a un análisis de las habilidades técnicas que posee el estudiante además de las capacidades psicológicas y bienestar fisiológico que lo rodea. (ISA 101 and HMI Workshop, 2012, pág. 18)

La filosofía del HMI describirá los fundamentos de diseño como se observa en la Figura 21, destacando características del individuo que vaya a manipular las interfaces.

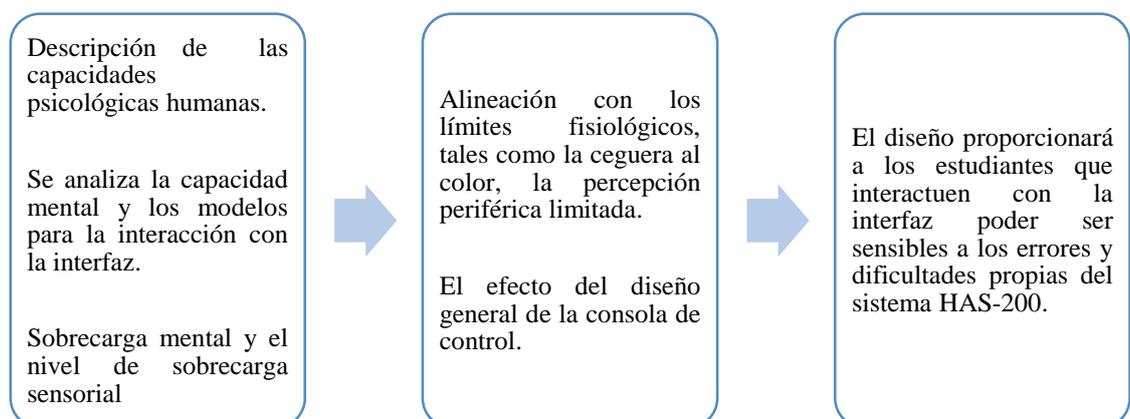


Figura 21. Fundamentos de Diseño del HMI

3.1.1. Fundamentos Técnicos del usuario

El objetivo principal de diseño del HMI del sistema HAS-200 se basa en ser centrada en los estudiantes del último nivel de la carrera de Electrónica, Automatización y Control los mismos que tienen una formación en:

- Controladores Lógicos Programables.
- Instrumentación Industrial.
- Electrofluidos.
- Control Industrial.
- Control de Procesos.
- Redes Industriales.

Una vez que los estudiantes hayan aprobado dichas asignaturas, se puede establecer que cuentan con los adecuados fundamentos de integrar estas tecnologías y normas internacionales en el área industrial. Por ende, la formación técnica no es un impedimento para el correcto desempeño que pueda tener el estudiante con respecto al HMI.

3.1.2. Fundamentos Psicológicos del usuario

Las capacidades cognitivas que tengan los estudiantes que manipularán la interfaz del sistema HAS-200, será un paradigma del procesamiento de información que realice su cerebro. El fin esencial de analizar las habilidades cognitivas en el HMI, es desarrollar una firme comprensión de lo que un usuario puede razonar y recordar cuando trabaja con un sistema interactivo. (ISA, HMI Lifecycle, 2012, pág. 8)

De manera específica, las habilidades cognitivas son las operaciones y procedimientos mentales que el sujeto realiza para adquirir, retener y recuperar diferentes tipos de conocimientos en una situación dada.

En el presente trabajo de investigación se enuncian las consideraciones de las habilidades cognitivas durante el diseño de interfaces como se muestra en el Cuadro 7, teniendo en cuenta la experiencia de haber ya trabajado con el sistema recién llegado de fábrica.

Cuadro 7

Parámetros cognitivos para el desarrollo de las HMI

Habilidades cognitivas durante el diseño de Interfaces Gráficas de Usuarios	
Consideraciones Cognitivas	Desarrollo con la Interfaz para el HAS-200
Las interfaces de usuario requieren ser consistentes.	Se mostrará las variables relevantes del esquema actual del HAS-200, evitando tener una interfaz difícil de comprender.
Cualquier requisito de información debe ser solicitado en un formato que sea común para el usuario.	El medio de comunicación será familiar al usuario usando plataformas comunes tanto en texto, color y presentación de la información requerida.
Pistas visuales y audibles deben brindarse para confirmar al usuario lo que está sucediendo o procesando.	La información visual será con una etiqueta de información, iconos de uso general y se prevé que para las alarmas de tipo emergentes utilizar una alerta que parpadee
Los sistemas e interfaces deben ofrecer mucha mayor retroalimentación acerca de lo que está ocurriendo.	La interfaz se presentará al estudiante en tiempo real por ende sabrá donde se encuentra el proceso y que está realizando.
No solicitar o esperar que la memoria humana realice tareas que serían más fácilmente realizadas por la memoria de la computadora.	Los procesos que realizará el estudiante es la selección de modos de operación navegación mas no ningún tipo de cálculo etc.

3.1.3. Fundamentos Fisiológicos del usuario

Una de las principales características del laboratorio de Manufactura Integrada por Computador es el trabajo en equipo, esto exige la manipulación del sistema HAS-200

por tiempos extensos para el estudio del mismo, por ende, la necesidad de incorporar un HMI capaz de cumplir con los objetivos de enseñanza del laboratorio es indispensable para aprovechar todas las características que ofrece el sistema. De esta manera ayuda al bienestar de los estudiantes mejorando su calidad de aprendizaje y dando un impacto positivo que va repercutir directamente en su salud evitando el estrés mental.

Con el análisis desde el punto de vista fisiológico se puede obtener la mayor información para determinar lo que el estudiante va a realizar mediante la interfaz como mirar, escuchar, tocar, etc. de ello dependerá cuanto su cerebro capte para el constante aprendizaje del sistema HAS-200 con la finalidad de dominarlo completamente.

Las cifras de los estudiantes que sufren trastornos visuales debido al uso del computador aumentan significativamente año a año, de manera que se condicionará el entorno de la pantalla de la interfaz y las condiciones del medio o puesto de trabajo de la siguiente manera.

Condiciones propias del entorno de la pantalla

- Uso de colores claros para evitar reflejos.
- Contraste entre letras y fondo para la correcta información.
- Brillo y contraste se acomodarán a cada preferencia.

Condiciones del puesto de trabajo

- El ambiente debe estar iluminado de manera natural y artificial.
- Correcta postura de acuerdo a la mesa de trabajo.
- Descansar 5 min cada hora de trabajo o 10 min cada dos horas, mirando escenas lejanas para relajar la postura en el sitio de trabajo.

En la Figura 22, se muestra la postura adecuada que deberán mantener los estudiantes mientras se encuentran dentro de la mesa de trabajo y se enfrenten a las largas horas con el monitor para evitar así el dolor visual y muscular.

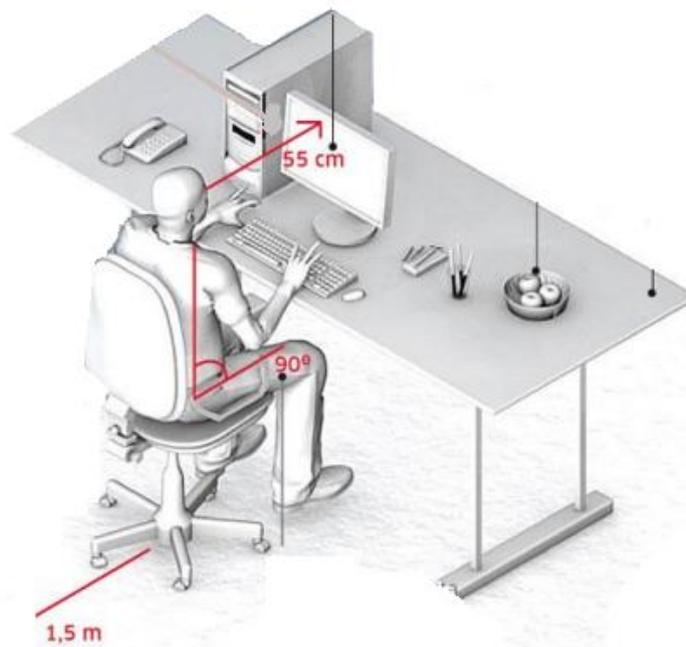


Figura 22. Postura en el puesto de Trabajo

Fuente: (Rescalvo, 2009)

Generalmente estos temas no son tratados por los desarrolladores de interfaces y no centran sus diseños en los usuarios, que son los encargados de trabajar con la interfaz, motivo por el cual existen varios inconvenientes a la hora de la toma de decisiones, desembocando así en errores no deseados.

El equilibrio en cuanto a forma y foco como se muestra en la Figura 23, será un papel fundamental para un correcto diseño de interfaces humano máquina.

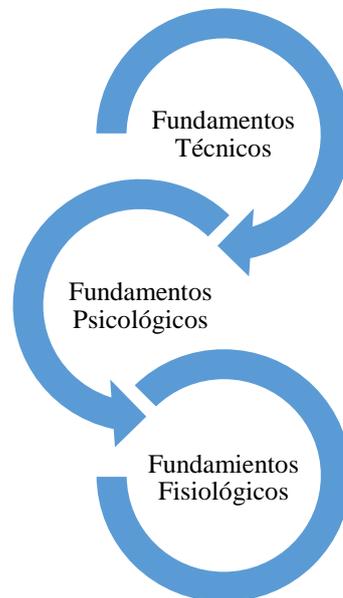


Figura 23. Equilibrio centrado en el usuario

3.1.4. Análisis de las Tareas del Usuario.

El estudiante debe entender qué tareas realizar y qué principios de diseño ergonómicos entran en juego en el desempeño de estas tareas, detallando así los diversos componentes y labores dentro del laboratorio, la forma en que interactúa con los demás grupos y con el proceso a ser controlado y monitoreado.

El objetivo es describir y analizar todas las decisiones que el estudiante va a tomar durante una serie de escenarios incluyendo el funcionamiento normal, la puesta en marcha, operación, emergencia o parada programada.

Las principales tareas del monitoreo del proceso será resolver problemas ante situaciones anormales se debe valorar dos parámetros, la información requerida por el estudiante y las acciones que debe tomar el estudiante.

3.1.4.1. Información y Tareas Requeridas por el estudiante

¿Qué información es requerida?

La información que el estudiante requiere es un manual de usuario, manual de prácticas, mecanización de las estaciones, las tecnologías que el sistema emplea, instaladores de software del sistema, diagramas de entradas y salidas.

¿Qué información es disponible?

Los manuales del sistema HAS-200 disponen de sus diagramas eléctricos, diagramas neumáticos, P&ID, hoja de datos de los elementos que son parte del sistema y diagramas mecánicos. De esa manera el estudiante adquiere el suficiente conocimiento de cómo fue concebido el sistema y que tipo de elementos lo constituyen.

¿Cómo evalúa el estudiante la información?

El estudiante evaluará la información que obtuvo del sistema, mediante la realización de prácticas con el fin de la puesta en marcha del mismo, programación, reparación de averías, integración de tecnologías y supervisión de la producción.

Cada estación establece una función diferente y contiene una o más tareas, que son independientes. Las tareas representan actividades que son solucionadas por determinado grupo de estudiantes siendo analizadas por separado, pero están contribuyendo claramente a la finalización de una tarea.

En las siguientes tablas se referencian las características de las funciones, tareas y situaciones anormales en la que se encontrarán las estaciones de trabajo del Cuadro 8 al Cuadro 11.

Cuadro 8

Tareas y situaciones generadas por la estación de Producción HAS-202

Estación de Producción HAS-202		
Función	Tarea	Situaciones Anormales
La función de la estación es producir recipientes azules de 15gr, 30gr, 45gr siendo estos recipientes pesados mediante la báscula e identificados mediante el lector de código BCR, disponiendo también en el almacén un total de 36 recipientes.	El estudiante debe verificar que la estación se encuentre operativa y debidamente presurizada.	La estación tiene recipientes que no son aceptados en el proceso.
	Encender la báscula antes de comenzar cualquier proceso.	En la manipulación del recipiente, puede suceder que no se sujete correctamente el bote y caiga
	Entregar a la estación los recipientes necesarios para el almacén.	La estación se quede con un nivel mínimo de botes.
	Entregar a la estación el nivel de granza necesaria.	La estación se quede con un nivel mínimo de granza.

Cuadro 9

Tareas y situaciones generadas por las estaciones de Medición

Estaciones de Medición HAS-205 y HAS-206		
Función	Tarea	Situaciones Anormales
La función de la estación de medición es verificar el peso de los recipientes, de no cumplir con el rango establecido se procede a rechazarlo cumpliendo con un proceso de calidad.	<i>En caso de estar con la estación de medición digital verificar que el regulador de presión se encuentre presionado.</i>	<i>Si no se requiere de calidad en la estación el recipiente pasará si realizar ninguna acción en la misma</i>
	El estudiante debe verificar que la estación se encuentre operativa y debidamente presurizada.	Si la cinta buffer de la estación se encuentra llena no permitirá la entrada de un nuevo recipiente. Una serie de recipientes rechazados denota que existe problema en la estación de producción.

Cuadro 10

Tareas y situaciones generadas por la estación de Tapado HAS-207

Estación de Colocación de Tapas HAS-207		
Función	Tarea	Situaciones Anormales
La función de la estación es tapar el recipiente que viene de la estación de medición y a la vez imprimir la respectiva etiqueta que defina la información del producto.	En el carrito de la impresora debe estar con el rollo de etiquetas para que no exista ningún problema de impresión.	Rechazo de tapa por mala posición
	Entregar la cantidad de tapas necesarias en el almacén de la estación.	Nivel mínimo de tapas en la estación

Cuadro 11

Tareas y situaciones generadas por la estación de Paletizado HAS-210

Estación de Paletizado HAS-210		
Función	Tarea	Situaciones Anormales
La función de la estación es manipular el recipiente desde la cinta transportadora hacia la rampa del paletizado e ir almacenado el producto en grupos de 8 recipientes.	El estudiante debe verificar que la estación se encuentre operativa y debidamente presurizada.	Función incorrecta de la ventosa.
		Recipiente atrapado en la rampa por mala posición

En base a la filosofía del HMI se analizó la estrategia y los principios que rigen la toma de decisiones para el modo de operación de la interfaz, en base a las técnicas, psicológicas, fisiológicas, requerimientos y tareas que el estudiante debe optar para el manejo de la interfaz.

3.2. Guía de Estilo

El objetivo de la Guía de Estilo es incluir los principios de diseño general y estándares de implementación para las pantallas a utilizar, teniendo en cuenta reforzar los principios y guías de la filosofía de diseño. (ISA, HMI Lifecycle, 2012, pág. 10)

Se detallará las particularidades de la presentación y los métodos de interacción con los objetos de las pantallas, así como una visión global de la consola de operaciones.

3.2.1. Consola de Operaciones

Mediante el uso adecuado de los elementos de entrada y salida para esta Interfaz se ha determinado una consola de operaciones la cual contiene la definición básica del HMI, esta debe constar de los siguientes elementos claves para obtener un óptimo uso y mantenimiento del mismo:

- Consola
- Estación
- Dispositivo Señalador (Mouse)
- Teclado
- Pantalla
- Ventanas Pop-up
- Símbolos Gráficos
- Elementos Gráficos

Al observar la

Figura **24** se puede observar el esquema general y los elementos básicos que se utilizarán en el desarrollo del HMI.



Figura 24. Consola de operaciones

Fuente: (ITER, 2015, pág. 5)

3.2.2. Jerarquía de pantallas

Es importante jerarquizar los niveles de las pantallas ya que será de gran ayuda al momento de definir la navegación por la Interfaz.

Al observar la Figura 25, podemos evidenciar que la jerarquía entre estaciones es de forma horizontal ya que esto nos permitirá una mejor navegación entre las estaciones a monitorizar, además es recomendable que el número de capas de la jerarquía no exceda de cuatro niveles.

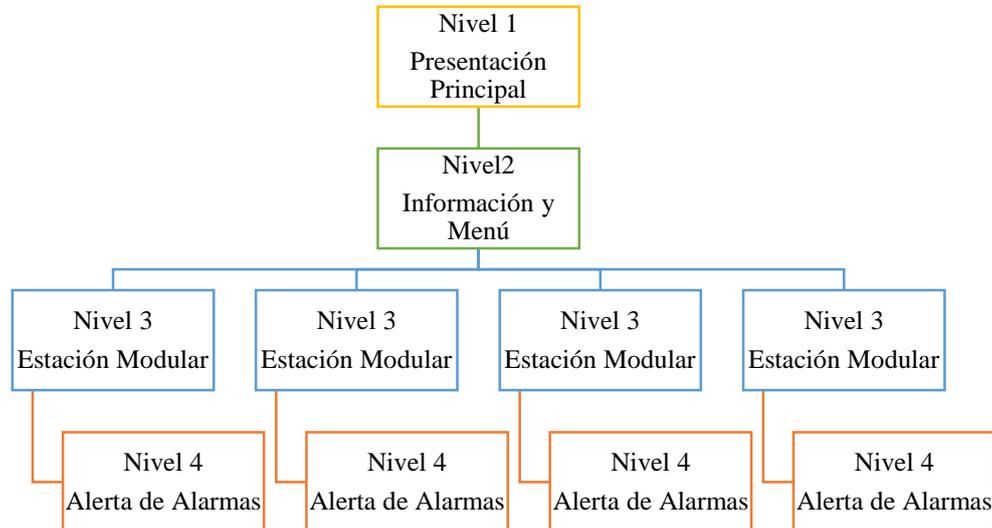


Figura 25. Jerarquía de las Pantallas

3.2.3. Distribución de pantalla

Un buen uso de la pantalla exige ocupar todo el espacio de trabajo con el fin de generar la mayor información y la más adecuada para el usuario, para lo cual se ha definido una plantilla que contendrá los elementos con los que se trabajará.

La plantilla se ha definido en base a la experiencia con la manipulación del sistema HAS-200 y los requisitos necesarios para un mejor aprovechamiento de la información de producción, es esencial que mantenga la plantilla a lo largo del diseño y la implementación para no crear un desajuste en el HMI.

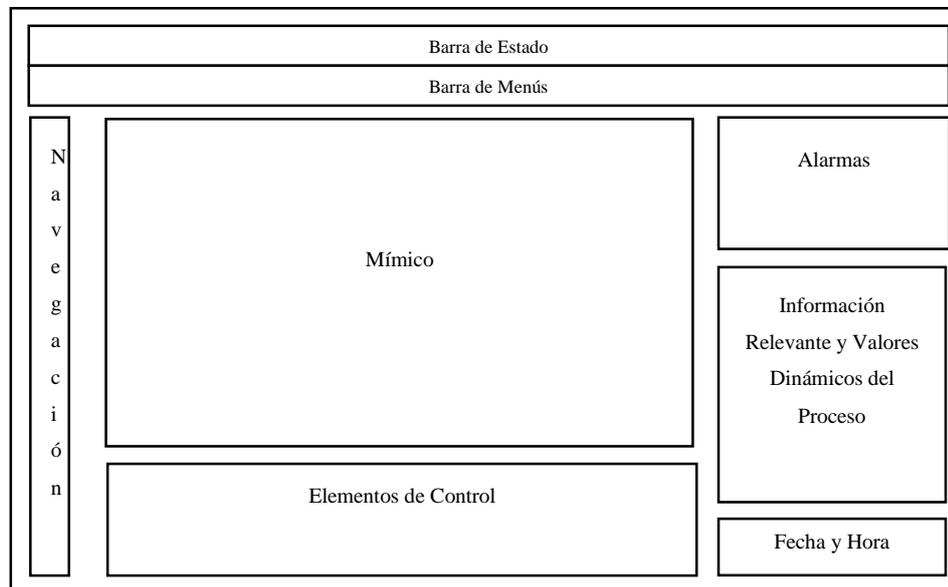


Figura 26. Diseño general propuesto de la distribución de pantalla

Al observar la Figura 26, se puede notar que la pantalla ocupa en su totalidad el espacio designado teniendo los siguientes elementos:

Barra de Estado: Necesaria para brindar la información acerca del nombre de la pantalla y el control para cerrarla.

Barra de Herramientas: Contará con los menús necesarios para un mejor aprovechamiento de información, control y navegación del HMI.

Navegación: Menú desplegable por el cual se podrá navegar hacia todas las pantallas.

Mímico: Representación del proceso en particular a controlar y monitorizar.

Elementos de Control: Botones capaz de generar interacción con la planta.

Alarmas: Indicadores de los subprocesos y problemas que puedan generarse.

Información relevante y valores dinámicos del Procesos: Valores más representativos que se generará el sistema HAS-200 en su modo de producción.

Fecha y Hora: Representación digital de la fecha y hora del sistema.

3.3.5.1. Elementos Estáticos

Se debe tener en cuenta que existirán elementos del HMI que no proporcionarán una dinámica en el mismo pero que servirán de información dentro del proceso como es el caso de la fecha y hora.

Dentro de los procesos industriales una característica muy importante al momento de visualizar una pantalla es proporcionar toda la información necesaria para que el operador del sistema no cree conflicto con el entorno de trabajo, por ende, es de suma importancia que los elementos estáticos produzcan la información correcta de lo que se está realizando ya sea el caso de un mímico que no tenga movimiento pero que sea una representación original y de gran valor visual para el operador.

3.3.5.2. Texto Estático

Los títulos, despliegue de ayudas, etiquetas de valores, etc., son ejemplos de texto estático dentro de un interfaz humano máquina, estas no cambiarán en el tiempo, pero son de esencial importancia ya que proporciona al usuario la información del entorno de manera clara y detallada.

El título de cada pantalla es un claro ejemplo de texto estático no cambiará su información, pero sin él no se sabría qué proceso, subproceso, mensaje de ayuda o entorno de operación se encuentra el operador del sistema.

3.3.5.3. Valores dinámicos del proceso

Los valores dinámicos del proceso son valores cambiantes que a medida que se ejecuta una operación en el sistema éstos se actualizan, deben ser claros y por lo general están ligados directamente a los valores que entrega la estación de trabajo.

3.2.4. Navegación

Una vez creada la jerarquía de las pantallas se puede determinar la forma en la que se realizará la navegación teniendo en cuenta el nivel Figura 27, forma de navegación y las herramientas para realizarlo.

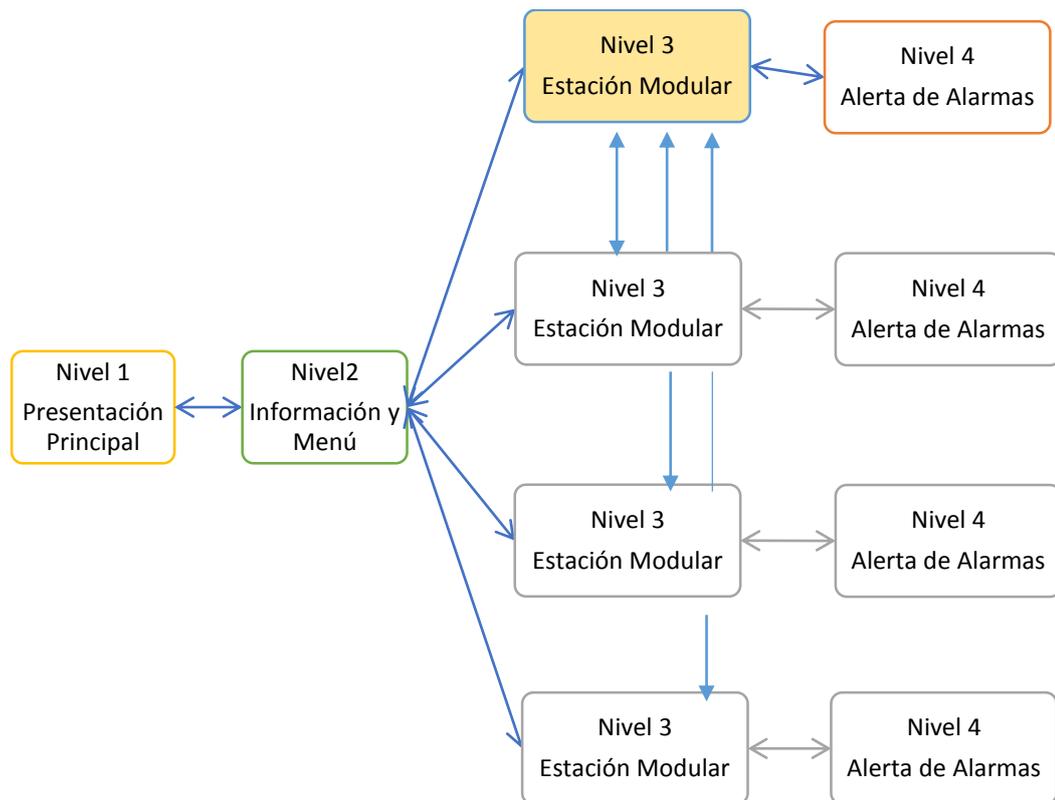


Figura 27. Diagrama general de la navegación entre pantallas

Como se había mencionado en el apartado 3.2.2 Jerarquía de Pantallas se tiene una forma horizontal como se puede observar en la Figura 25, al realizar la navegación de esta manera se puede dirigir entre estaciones ya que el sistema HAS-200 así lo requiere.

Los métodos que se utilizarán para la navegación serán los siguientes:

- Barra de Herramientas
- Menús y submenús

Actualmente se prefiere la navegación utilizando dispositivos de apuntar y pulsar (point and click) sobre la navegación soportada con el teclado, de esta manera ya se ha definido la entrada e interacción con esta consola (Pere, 2008)

3.2.5. Uso de colores

Un buen uso de los colores crea un mejor ambiente de trabajo y evita la sobrecarga visual para el operador y su rápida interacción ante anomalías para esto se ha determinado ciertas características para el uso del color:

- Los colores deben ser distinguibles entre sí (alto contraste).
- El color debe ser manejado para enfatizar la información mas no para ser una característica de belleza en el entorno de trabajo.
- Los colores usados para el diseño de las pantallas deben ser consistentes para la interpretación de alarmas, además de esto los colores de las alarmas deben ser reservados para este propósito y no ser utilizados para nada más, de esta manera se fortaleza la rapidez de la reacción del operador ante circunstancias adversas.
- El uso de gradiente de colores no se debe encontrar en elementos estáticos de la pantalla, pero si se los puede utilizar para enfatizar la dinámica de algún elemento.
- El color debe ser usado conservadoramente y consistentemente.
- Las deficiencias de la percepción del color y las combinaciones del mismo deben ser consideradas durante el diseño.
- Los destellos sobre los colores de los símbolos pondrán atención directa del operador sobre el desarrollo de nuevas situaciones durante el desarrollo del proceso.

Para la selección y el uso de colores de fondo de la pantalla se recomiendan los siguientes lineamientos:

- El uso de colores neutros para el fondo de la pantalla como gris, beige y arena serán pertinente para no crear estrés visual.
- No usar blanco y negro dado que dan mucho resplandor
- Los colores de fondo deben crear contraste con los demás elementos de la interfaz
- Evitar el uso de colores primarios o fuertes en zonas grandes de la pantalla ya que producirán malestar y confusión visual.

Para la guía de diseño presentada en el este trabajo de investigación se ha creado una paleta de colores determinando cuales se usarán en el diseño de las pantallas, esto se lo ha realizado tomando como referencia la normativa RGB como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1
Colores a utilizar en el diseño de pantallas

Descripción	Rojo(R)	Verde(G)	Azul(B)	Color
Rojo	255	0	0	
Verde	0	255	0	
Azul Oscuro	0	0	130	
Azul	0	0	255	
Celeste	200	225	225	
Amarillo	255	255	0	
Magenta	255	0	255	
Gris Oscuro	125	125	125	
Gris Medio	190	190	190	
Gris Claro	235	235	235	
Tomate	255	130	0	
Negro	0	0	0	
Café	0	0	150	
Blanco	255	255	255	

En el Cuadro 12 se muestra en detalle el uso ciertos colores definidos en la paleta para diferentes objetos dentro de la pantalla como lo son alarmas, descripción de procesos, fondos de pantalla y valores dinámicos del proceso.

Cuadro 12

Detalle de uso de colores

Color	Objeto
Negro	Títulos de Pantalla
Gris Claro	Fondo de pantalla
Verde	Equipo funcionando correctamente
Gris Medio	Equipo parado
Naranja	Equipo se encuentra en condición de alerta, incluyendo fuera de servicio
Rojo	Equipo se encuentra en condición de alarma

Los elementos de la paleta de colores que no han sido usados en el Cuadro 12 y se encuentran aún disponibles, están a disposición del diseñador y pueden ser usados para definir el color de una variable dinámica o un objeto dentro de la pantalla.

3.2.6. Menús y barras de herramientas

Para una navegación fluida y el uso correcto del HMI es necesario incluir dentro del mismo, los menús y barras de herramientas que permitirán la fluidez de la navegación, el acceso a la información y toda la ayuda necesaria para que el usuario desarrolle su proceso de aprendizaje correctamente.

Un menú está ligado directamente a la interacción con el usuario ya que de esta manera realizará acciones concretas dentro del HMI, la navegación es parte primordial dentro de los menús ya que si bien existe navegación de pantallas existe también una navegación de menús que será definida al momento de diseñar las barras de herramientas.

3.3. Plataforma de desarrollo del HMI

Para la etapa de estandarización de la plataforma del HMI el siguiente componente del “Life Cycle” es determinar que herramienta se va a utilizar para la interfaz, debe ser capaz de realizar las mismas tareas que realiza el 3D-supra e incluso mejorar las capacidades del mismo en base a la investigación que se está realizando. (ISA, HMI Lifecycle, 2012, pág. 13)

La plataforma de desarrollo debe ofrecer las herramientas más calificadas en el mercado para la visualización de procesos, el diseño y edición de símbolos, logrando un rendimiento óptimo, el aprovechamiento de controles avanzados para el alto desempeño de la interfaz.

La plataforma a utilizar será ArchestrA IDE, que como ya se lo describió en el capítulo anterior, es un entorno de desarrollo de interfaces humano máquina de altísimas prestaciones y cumple con los requerimientos necesarios para desarrollar una interfaz adecuada para el sistema HAS-200.

3.3.1. Requisitos de Instalación

Para tener la aplicación ArchestrA IDE es necesario instalar los siguientes componentes debido a que maneja una base datos propia para tener las bibliotecas con las que cuenta de tal manera que el orden de instalación es el siguiente como se muestra en la Figura 28.

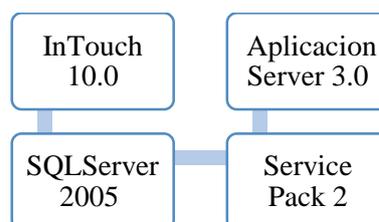


Figura 28. Requisitos de Instalación para obtener ArchestrA IDE

3.3.2. Operación de la plataforma ArchestrA IDE

El entorno de ArchestrA IDE permite ejecutar las aplicaciones entre WindowMaker y WindowViewer de manera común y realizar las modificaciones necesarias sin ningún inconveniente. En la Figura 29 se muestra el modo de operación de la plataforma. (Wonderware, 2013, pág. 15)

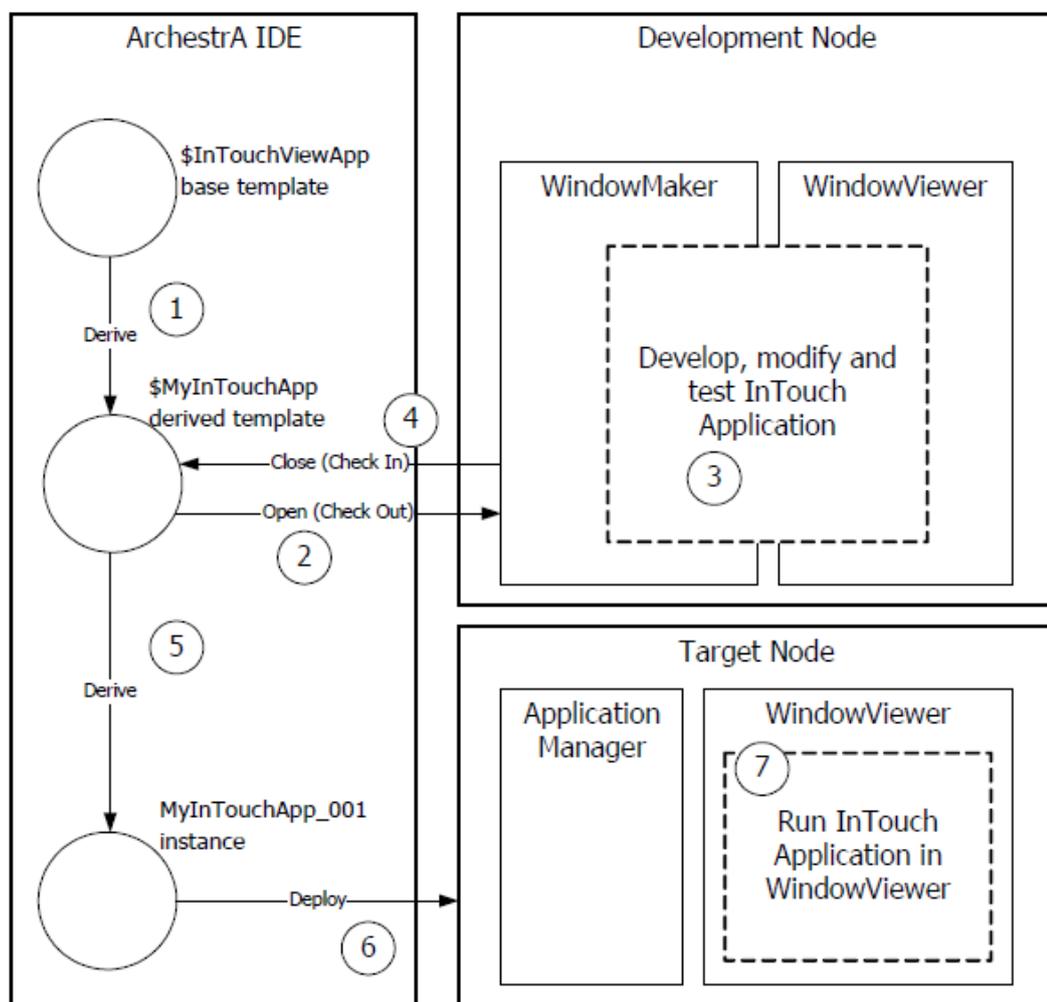


Figura 29. Entorno de ArchestrA IDE

Fuente: (Wonderware, 2013, pág. 16)

Además, opcionalmente con la plataforma ArchestrA IDE se podrán realizar las siguientes funciones:

- Se importa y exporta objetos creados por medio del Symbol Editor para ser intercambiados para varias aplicaciones de la misma plataforma.
- Se importa y exporta las ventanas que se hayan desarrollado en el Windows Maker con las mismas funciones que se manejan en InTouch.
- Los símbolos de ArchestrA pueden ser publicados y ejecutados de forma independiente con la aplicación InTouch.

3.3.3. Entorno ArchestrA

La plataforma de ArchestrA IDE permite desarrollar varias aplicaciones llamadas Galaxy como se muestra en la Figura 30.

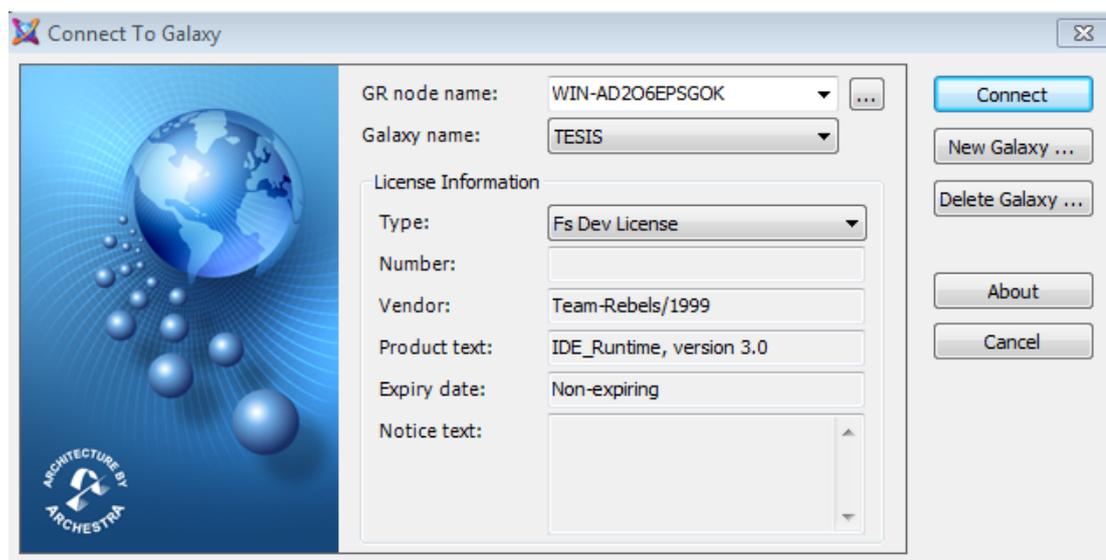


Figura 30. Creación de la Nueva Galaxy del Proyecto de Investigación

Para ello se va a obtener la siguiente ventana como se muestra en la Figura 31, toda aplicación de desarrollo consta de una barra de herramientas para efectuar las funciones que se requiera, lo importante es que consta de las principales funciones siendo estas el Template Toolbox y el Graphic Toolbox

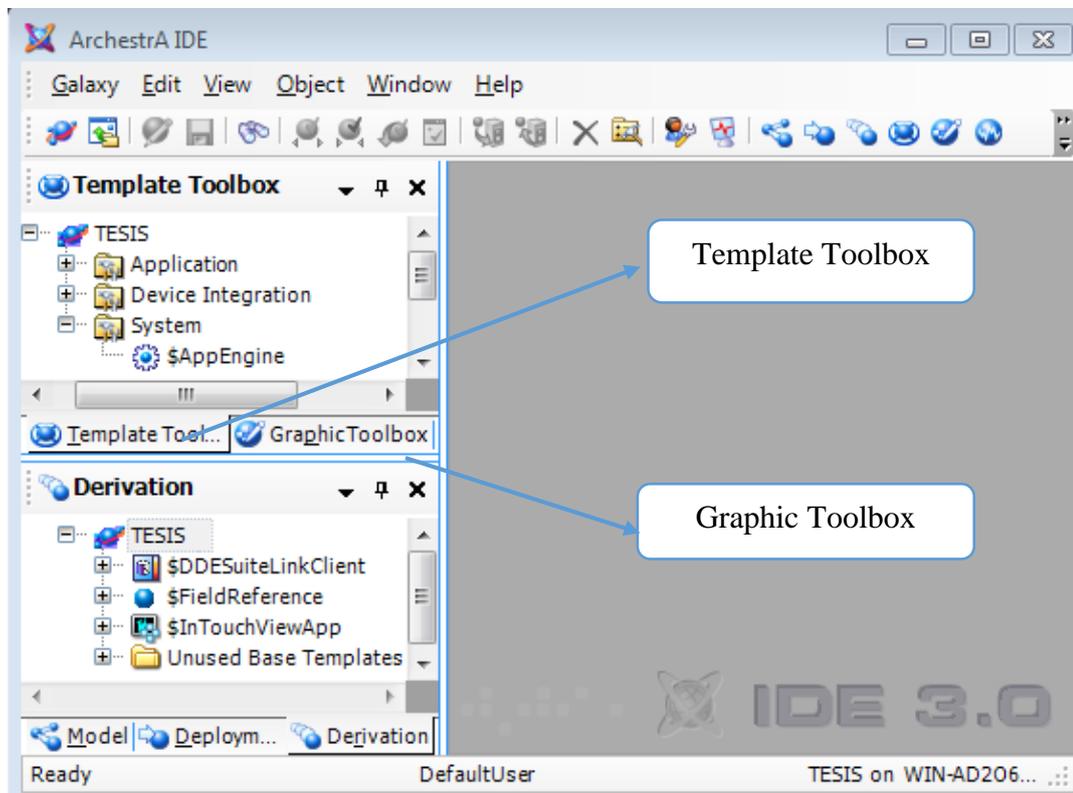


Figura 31. Plataforma de ArcestrA IDE

3.3.4. Características Gráficas de ArcestrA

La característica de crear varios símbolos propios, da una gran flexibilidad al diseñador de la interfaz para tener aplicaciones más versátiles. El Symbol Editor ArcestrA incluye el asistente de edición de símbolos, que se puede utilizar para crear diferentes configuraciones visuales y funcionales de un símbolo. Estos símbolos multi-configurables se llaman Symbol Wizards.

En la Figura 32 se tiene el Graphic Toolbox de ArcestrA que para este caso se ha tomado de ejemplo un medidor analógico de la librería con la que cuenta, lo que posibilitará una personalización de acuerdo a las necesidades que el diseño establezca.

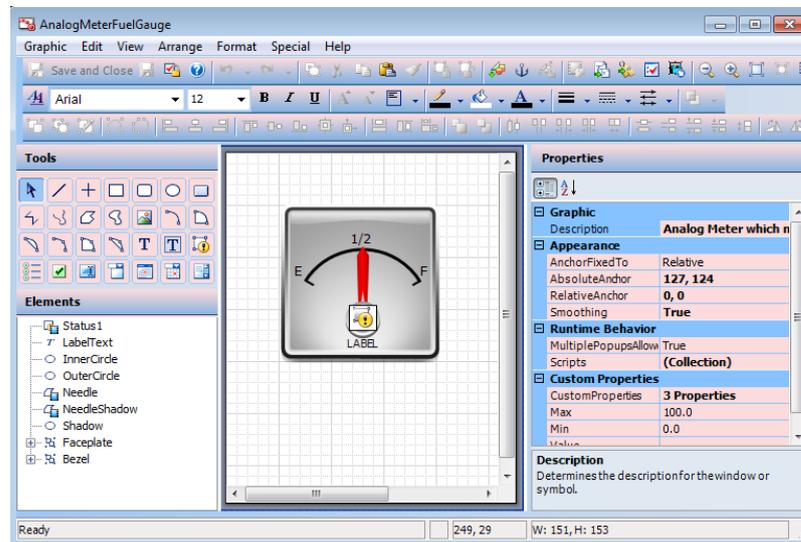


Figura 32. Graphic Toolbox de ArchestrA IDE

El editor es muy completo, maneja varias herramientas de personalización gráfica, el número de símbolos para poder crear es ilimitado, para guardar los símbolos se procede a crear una nueva carpeta.

La personalización y animación se lleva a cabo con la creación de variables que van a depender de su uso, pueden ser de tipo *booleano*, *integer*, *doble*, *float*, *string* y *time*.

Como ya se ha mencionado la animación se puede realizar con los símbolos que se crean, siendo determinante para la simulación de cada una de las estaciones del sistema HAS-200 y además ratifica la elección de esta plataforma porque cuenta con las herramientas necesarias para el desarrollo de la simulación para el modo de operación *teaching*.

La animación de las estaciones del sistema HAS-200, consta de dos procesos el primero es elegir la acción que va realizar la animación, para este caso se ha elegido la acción de visibilidad, el segundo proceso es realizar el código de programación para la ejecución de la animación haciendo referencia a las variables creadas, en la Figura 33 se muestra los dos procesos para realizar la simulación.

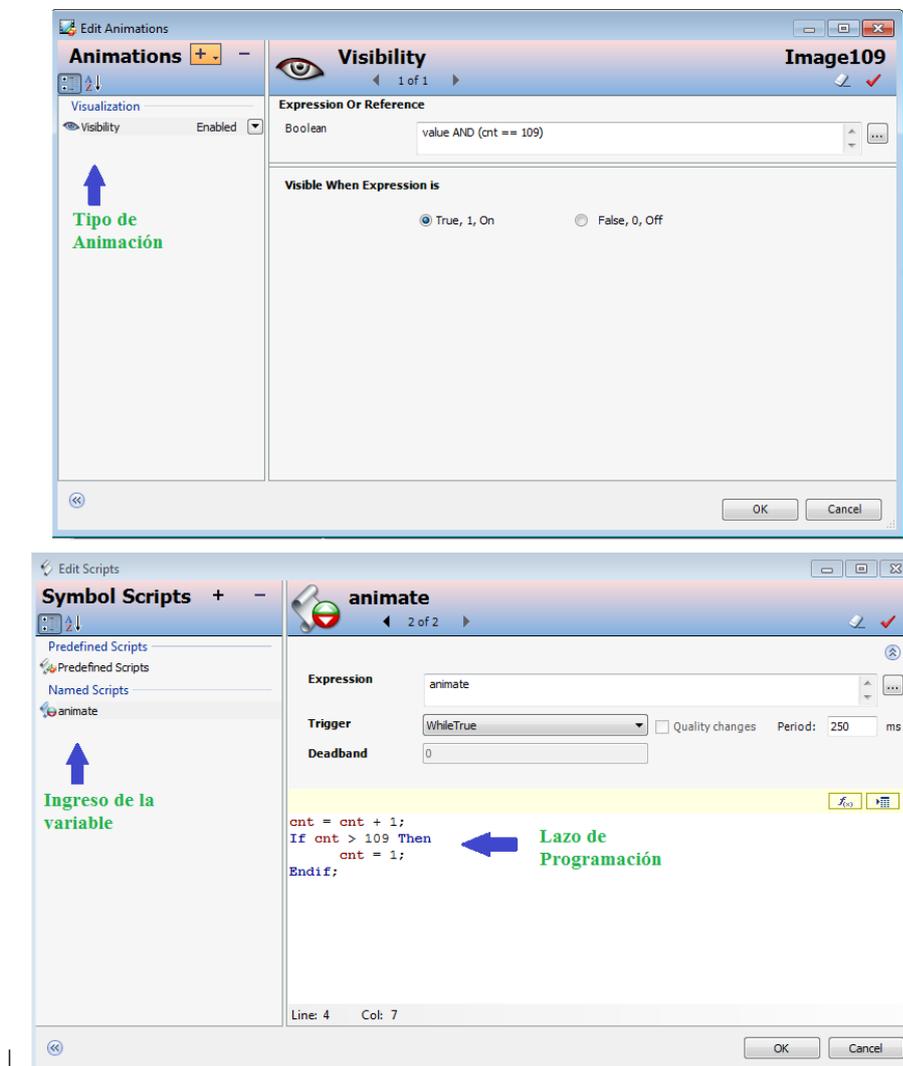


Figura 33. Herramientas de Animación de Arcestra IDE

Arcestra IDE, tiene el enfoque de ingeniería que se necesita para este trabajo de investigación, basados en objetos y entornos de desarrollo integrados, hacen que sea más fácil y más rápido para crear aplicaciones HMI estandarizadas e implementarlas. Todos los aspectos del sistema HAS-200 pueden ser capturados en plantillas de aplicaciones reutilizables, motivo por el cual esta aplicación no será difícil de mantener y ampliar.

Es primordial que todos los requerimientos que se identificaron para el desarrollo de la interfaz, sean parte de la plataforma ofreciendo al estudiante ventanas, cuadros de diálogo, barras de herramientas, botones, listas desplegables y muchos otros elementos con los que ya está muy acostumbrado a tratar.

Como también una completa bibliotecas de símbolos dinámicos y estáticos y que mejor si es posible la edición de los mismos y la posibilidad de crear símbolos propios por ello, con ArchestrA IDE se cumplirán los requerimientos para el control de la interfaz, a continuación se detalla las principales tareas a desarrollar en la interfaz:

- Creación y edición de nuevos símbolos mediante el Graphic Toolbox de ArchestrA.
- Animación de símbolos gráficos, con el objetivo de realizar la simulación de las estaciones del sistema HAS-200.
- Con la información obtenida por el estudiante, pueda interactuar sin problemas en el entorno ArchestrA IDE.
- Posibilidad de elegir varios modelos dinámicos y estáticos mediante el Template Toolbox de ArchestrA IDE.
- Una ilimitada capacidad de creación de variables, como también el importar y exportar las ventanas y símbolos creados.
- Poder publicar y gestionar la aplicación mediante la WEB.

3.3.5. Entorno InTouch

Es un software de supervisión abierto y escalable que puede conectarse a prácticamente cualquier sistema automatizado, unidad terminal remota (RTU), dispositivo electrónico inteligente (IED) o controlador lógico programable (PLC). (Wonderware InTouch 10.0, 2007, pág. 3)

La naturaleza abierta de esta plataforma permite a los usuarios ampliar sus sistemas existentes sin tener que comprar nuevo hardware o sistema de control. El paquete consta básicamente de dos elementos: Window Maker y Window Viewer.

3.3.5.1. Window Maker

La herramienta Window Maker es el entorno que utiliza Wonderware InTouch para el desarrollo de aplicaciones HMI, soporta barras de herramientas estáticas y flotantes, acceso rápido a los comandos de uso frecuente y una paleta de color personalizable que proporciona 16.7 millones de colores dependiendo de la tarjeta de video que se use.

El entorno de trabajo de Window Maker es fácil acceso y configuración como se observa en la Figura 34.

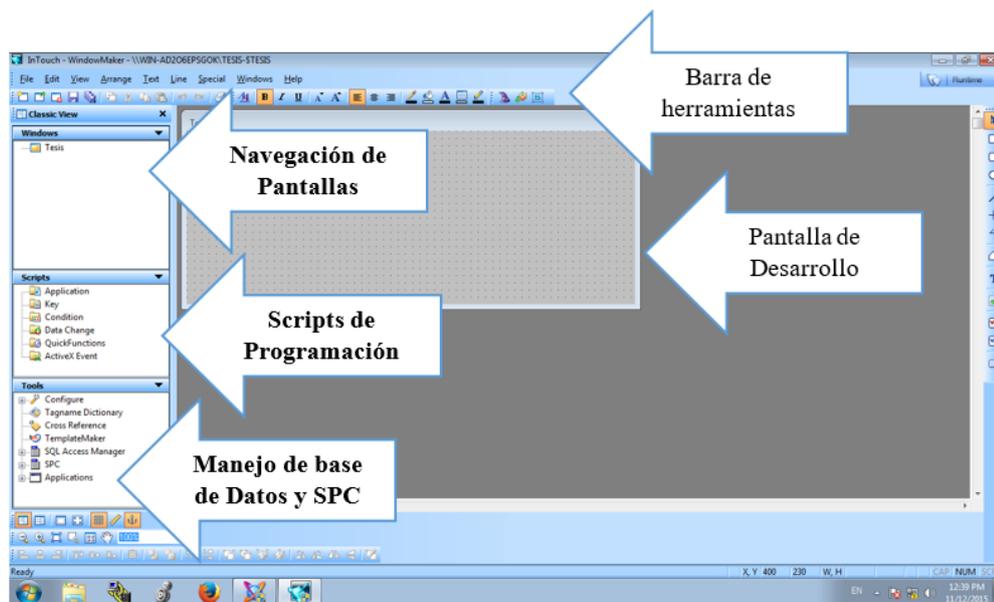


Figura 34. Entorno Window Maker

3.3.5.2. Window Viewer

La herramienta Window Viewer es la encargada de ejecutar la aplicación previamente creada en Window Maker, generalmente esta instancia se la llama Runtime ya que se encuentra en tiempo real y es interactiva con el usuario.

El Window Viewer presenta ciertas características configurables, en la Figura 35 como se puede observar que entre las más importantes se tiene el tiempo de actualización de las variables, la habilitación del teclado propio de InTouch, la memoria mínima libre y ciertos factores que dependiendo de la velocidad de procesamiento de cada máquina se deberán configurar.

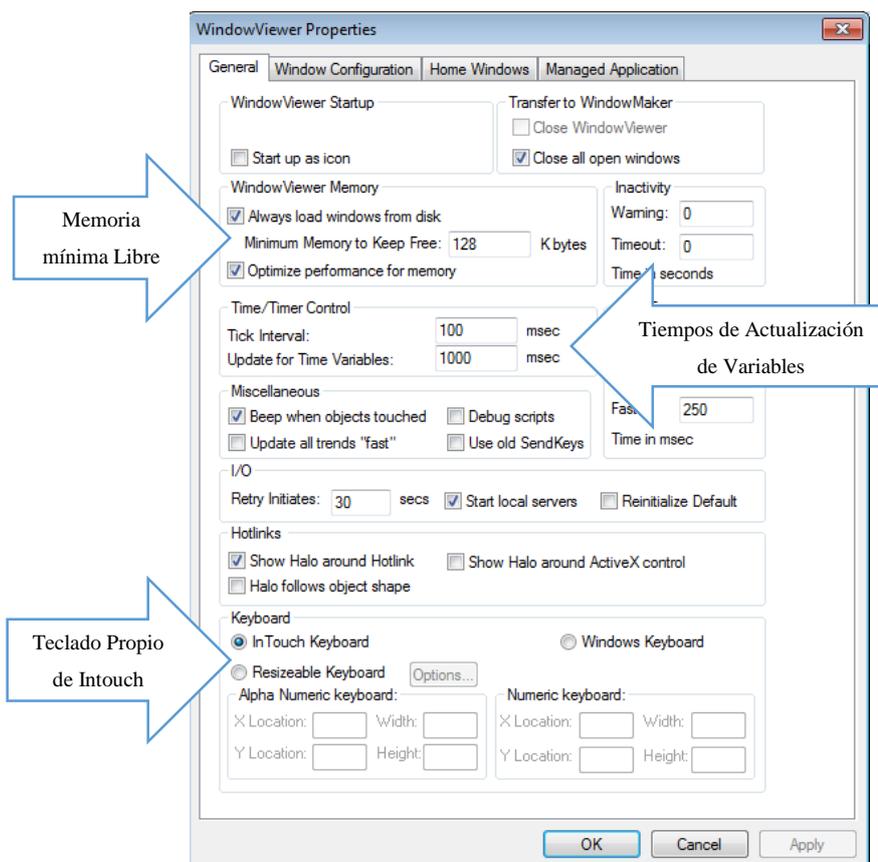


Figura 35. Configuración de Window Viewer

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO DEL HMI Y SCADA

4.1. Generalidades de Diseño

La estandarización del HMI se basó en el desarrollo de la filosofía, la guía de estilo y las herramientas de la plataforma, como lo establece la norma ISA 101 diseño de interfaces humano máquina, continuando con el proceso de diseño de la interfaz y habiendo identificado el tipo de usuario, parámetros ergonómicos y los requerimientos de la interfaz.

El proceso de diseño según la norma ISA SP 101 establece desarrollar:

- Diseño de la consola
- Diseño del sistema HMI
- Aplicación de los requerimientos funcionales

Con el desarrollo de estos procesos y con la experiencia de conocer el sistema HAS-200 facilitará la tarea de diseño, permitiendo al estudiante aprovechar el conocimiento adquirido, controlando y monitoreando la producción de recipientes con granza de color azul.

4.2. Diseño de la consola

El proceso de producción se va observar mediante los monitores del laboratorio, situados en cada uno de los puestos de trabajo dispuestos por cada estación, que permiten ver en detalle los dispositivos de la planta, seguido de la monitorización que se realiza sobre la interfaz gráfica en el ordenador, y sobre indicadores analógicos y digitales presentes. Las acciones de control por parte de los estudiantes se llevan a cabo directamente sobre las estaciones, así como a través de la interfaz gráfica en el

ordenador, siendo en algunas ocasiones necesario acceder al sistema HAS-200 para verificar el comportamiento de algunos dispositivos y partes del mismo.

De tal forma que la disposición del sistema se encuentra reflejado en la Figura 36.

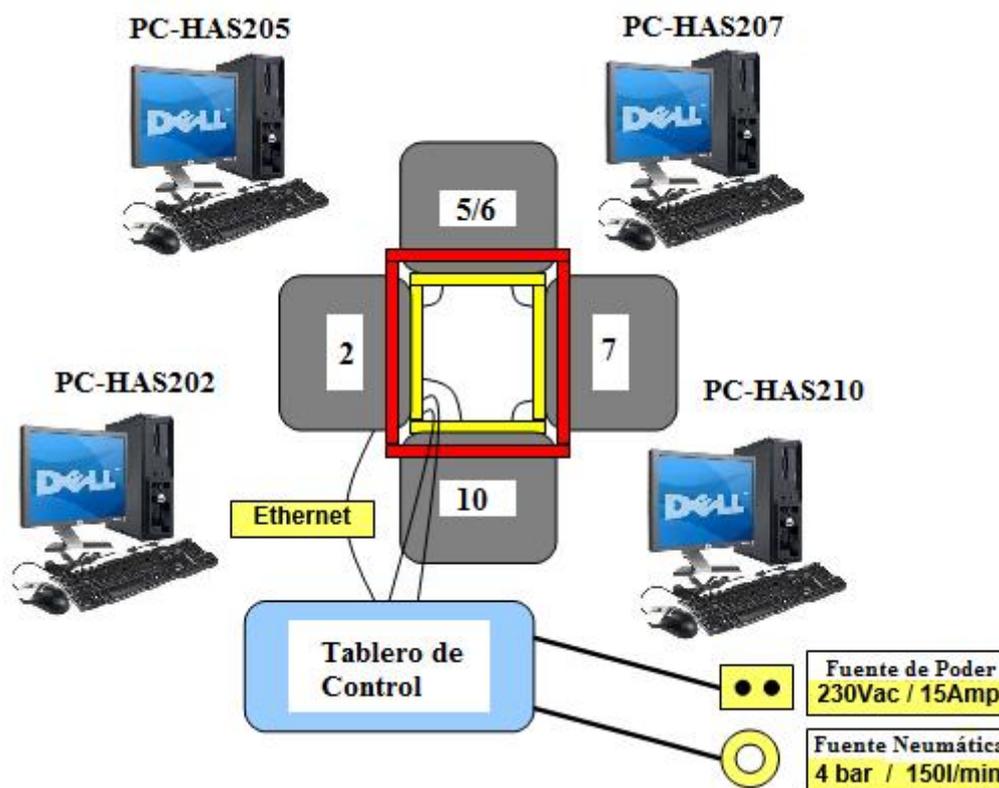


Figura 36. Arquitectura de la Consola del sistema

4.2.1. Caracterización del Hardware

Generalmente el primer paso para el desarrollo de la interfaz para un sistema de supervisión y control, empieza por la definición del sistema y las diferentes características que lo componen.

En la siguiente lista se mencionan los equipos que hacen posible que el sistema HAS-202, desempeñe su proceso de producción

- Fuente Neumática
- Tablero de Control
- Switch (36 Puertos)
- Cuatro computadoras marca DELL

4.2.2. Caracterización del Software

Con el fin de poder poner en marcha el sistema mediante los softwares señalados en los capítulos anteriores es necesario un PC, con un sistema operativo Windows 7 Profesional Ultimate de 32 bits para que exista la total compatibilidad con Archestra y Rslinx.

La PC deberá disponer de un puerto de conexión ethernet para poder conectar e integrar las conexiones de cada una de las estaciones.

4.3. Diseño del sistema HMI

La efectividad y rendimiento, radica en la aceptación del HMI por parte del estudiante; esto significa que la aplicación de visualización debe aproximarse a lo que el estudiante está acostumbrado a manejar, debido a su nivel de preparación e introducción a sistemas automatizados el nivel de abstracción y retentiva será realmente alto para la manipulación del HMI.

La aplicación debe implementarse de manera que su manejo sea intuitivo, dentro de lo posible. Interesa tener una aplicación práctica, sencilla y cómoda antes que una vistosa, llena de controles muy complicados para realizar una tarea sencilla.

La tendencia que tiene el HMI es de enseñanza y entrenamiento del sistema altamente automatizado HAS-200. El HMI debe tratar que los estudiantes optimicen el uso de los dispositivos, ofrecerles medios para mejorar su conocimiento de operación y mantenerles informados de las novedades funcionales. En esta misma

línea, en ciertos sectores se han hecho grandes avances para desarrollar sistemas centrados en el usuario.

Por lo tanto se establecen las siguientes directrices como se observa en la Figura 37.

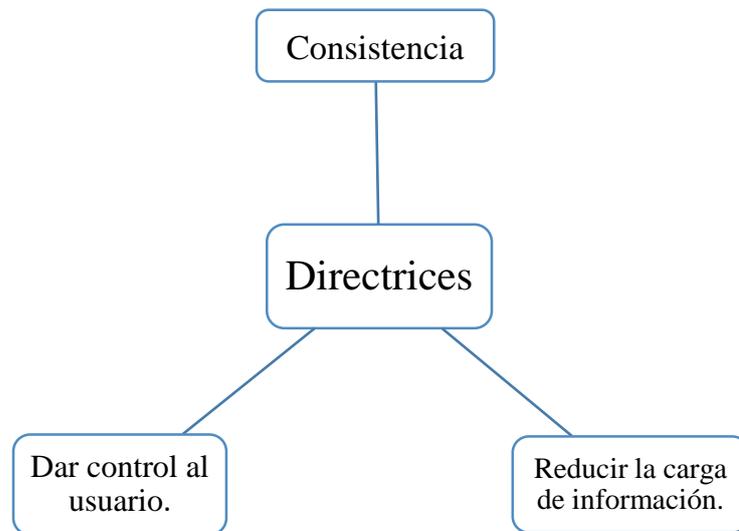


Figura 37. Directrices del diseño de interfaces de usuario

4.3.1. Requisitos Primarios del HMI

Los requisitos primarios que debe contener el HMI se basa en la información que se encuentra en el Cuadro 7, como también de las tareas y situaciones generadas por las estaciones del sistema como se las describió desde el Cuadro 8 hasta el Cuadro 11.

En la Figura 38 se emiten las características para dar control al estudiante:

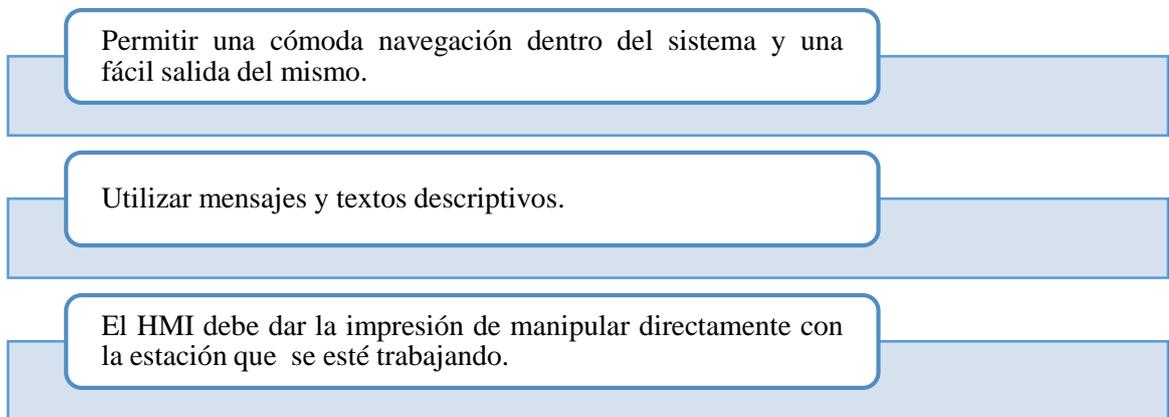


Figura 38. Características para dar control al Estudiante

La interfaz debe evitar al estudiante tener que almacenar y recordar información, algunas características se muestra en la Figura 39.

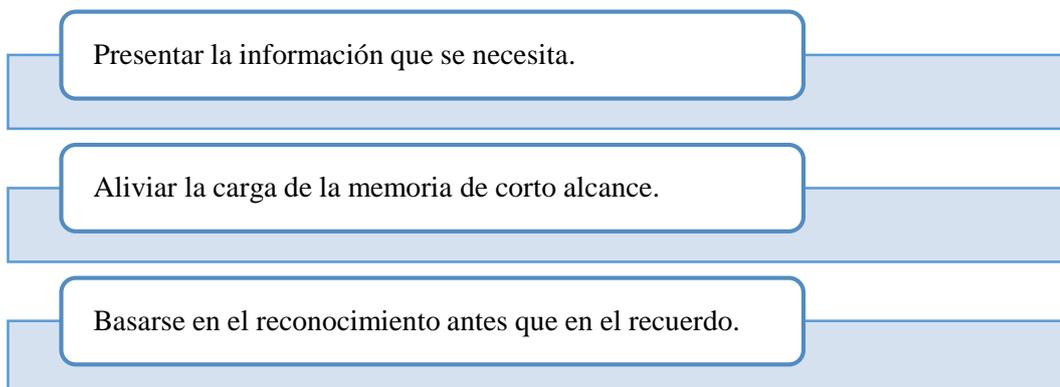


Figura 39. Características para reducir la carga de memoria al Estudiante

4.3.2. Requisitos Secundarios del HMI

La tarea de mantener informado al estudiante de lo que está sucediendo en alguna parte del proceso productivo la realiza la Interfaz Humano-Máquina (HMI), la importancia de que exista una buena comunicación entre ambos como parte de un sistema de control de procesos automatizados, sólo así se podrán analizar las diferentes anomalías que puedan suceder, además de ajustar los diversos parámetros relacionados al proceso de control.

Por ello se indican algunas consideraciones que deben ser tomadas en cuenta en el proceso de diseño como se muestra en la Figura 40.

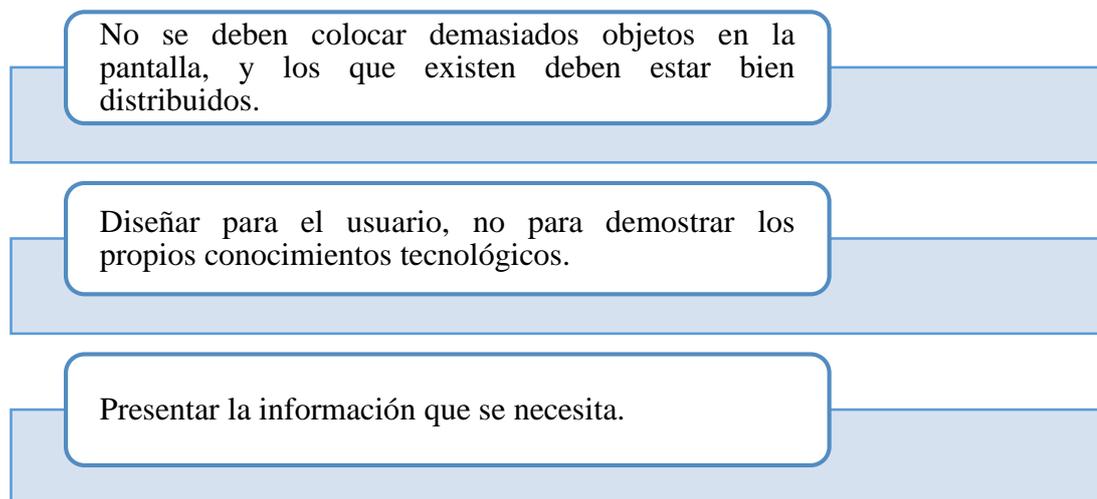


Figura 40. Consideraciones para el diseño del HMI

4.4. Diseño de pantallas HMI

El proceso del diseño de las pantallas de cada estación, se rige en base a una estandarización previa de la interfaz, el conocimiento y experiencia de ya haber trabajado con el sistema, en la siguiente Figura 41, se establece que procesos serán necesarios para obtener una interfaz funcional:

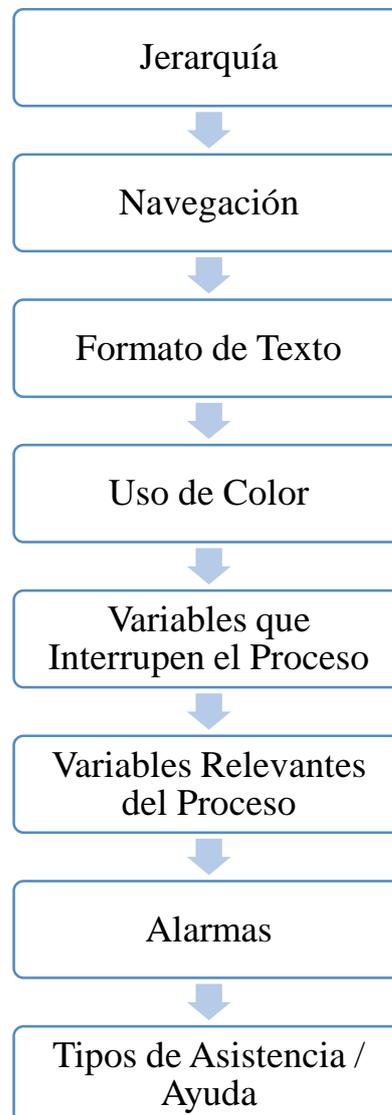


Figura 41. Proceso de Diseño

4.4.1. Jerarquía de las pantallas

La jerarquía de las pantallas del HMI como se muestra en la Figura 25, de la guía de estilo se indicó que se tendrá 10 pantallas, las cuales ya han sido categorizadas en 4 niveles.

En el Cuadro 13 se indica las características de las pantallas y que tipo de configuración que van tener a lo largo del diseño.

Cuadro 13
Niveles de Jerarquía

Jerarquía de Pantallas			
Nombre de la pantalla	Características	Tipo de Nivel	Configuración de la Pantalla
Presentación	Es la primera pantalla que presenta el proyecto de investigación, va a tener los datos informativos.	Nivel 1	Replace
Información y Menú	Con esta pantalla se puede establecer con que estación se desea iniciar, también cuenta con una imagen la descripción.	Nivel 2	Replace
Estación Modular (2,5,7,10)	Son las pantallas para el control y monitorización, indicando las variables más preponderantes del sistema, todas las estaciones pertenecen al mismo nivel.	Nivel 3	Replace
Alarmas y Estado de entradas y salidas	Describen que tipo de error se ha generado para las alarmas. Para las entradas y salidas diagnosticar alguna falla	Nivel 4	Pop up

Los niveles de jerarquía establecen como se ha estructurado las pantallas del HMI, para poder determinar cuál debe ser la correcta navegación, respectivamente cumpliendo los requerimientos que se han presentado en la estandarización del sistema, en la Figura 42 se puede mostrar las pantallas de acuerdo a su nivel de jerarquía.

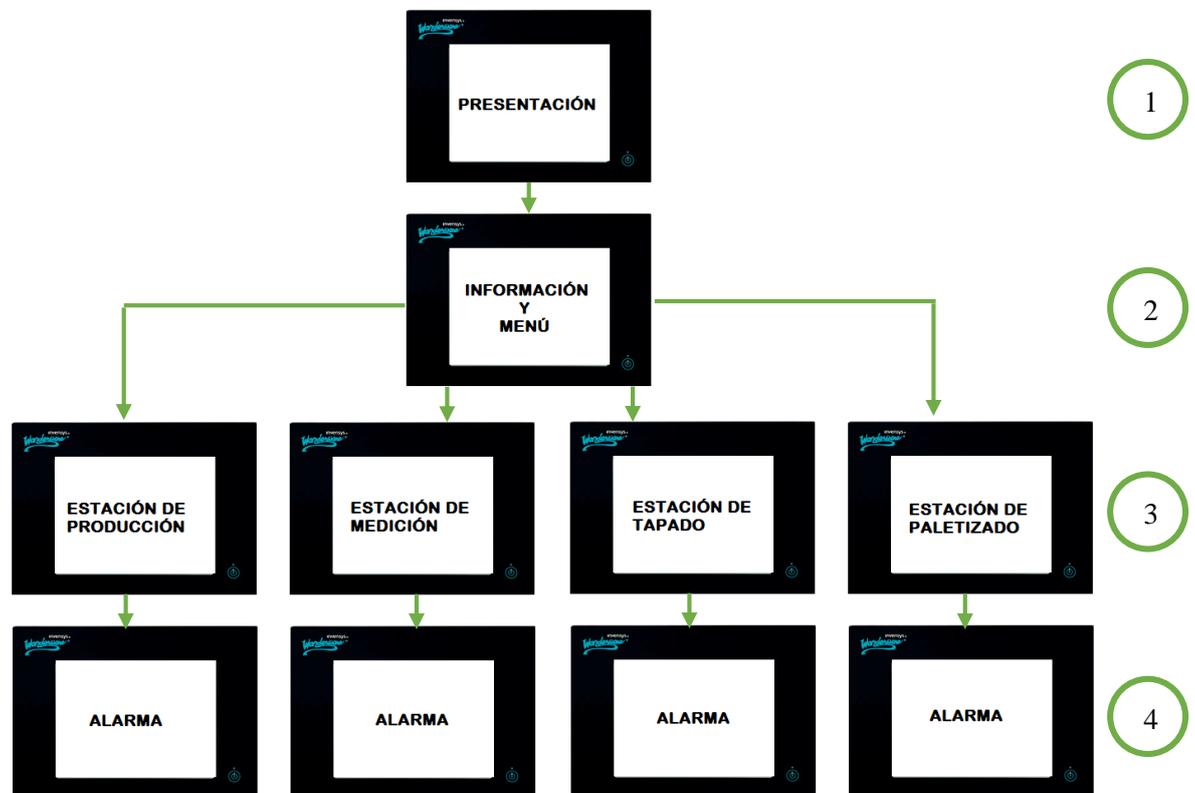


Figura 42. Niveles de Jerarquía de las Interfaces del HAS-200

Esto es necesario para proveer al estudiante de una clara orientación y entendimiento de las operaciones del proceso independientemente de la complejidad que tenga.

4.4.2. Navegación en las pantallas HMI

Con respecto al flujo e importancia entre las pantallas que fueron establecidas en la jerarquía de pantallas, es pertinente establecer la relación que van a tener para poder interactuar y resolver los eventos que ocurren en el HAS-200. Por ello en la guía de estilo se estableció una navegación horizontal.

4.4.2.1. Navegación entre niveles

En la siguiente Figura 43 se muestra como es la navegación entre las pantallas de acuerdo a los niveles de jerarquía que se plantearon.

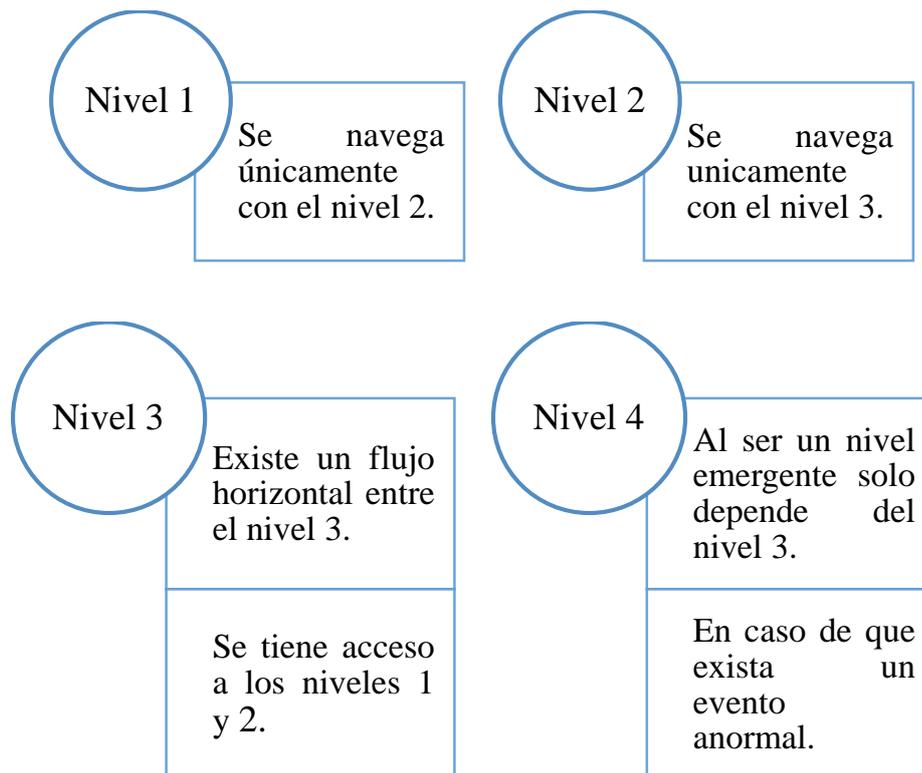


Figura 43. Navegación de acuerdo a los niveles de Jerarquía

Según las reglas que se han mencionado en los requisitos primarios, para una adecuada navegación se debe presentar la información que se necesita, determinando así ese tipo de navegación, también se justifica que no es necesario que exista una navegación entre el nivel 4 y el nivel 1 ya que su enfoque no está relacionado.

En la guía de estilo se había mencionado trabajar con dos tipos de estilos de navegación para permitir tener la adecuada interacción con la interfaz y que sea

familiar a las que el estudiante haya venido trabajando a lo largo del manejo de interfaces gráficas, que son las siguientes:

- Barra de Herramientas

La barra de herramientas de la interfaz se encuentra en la parte superior de la pantalla como es común en casi todas las aplicaciones y software, manipulando todos los niveles de jerarquía, así como también información acerca de las variables más relevantes que forman parte del proceso de producción.

El estilo de la barra de herramientas que se ajusta a las necesidades que se va tener en el sistema, permitiendo acceder a la información que se encuentra generando e incluso regresar a pantallas ya utilizadas.

- Menú y Submenús.

El menú de la interfaz indicará cada una de las estaciones del sistema, estableciendo botones alineados a la izquierda de la pantalla, como se indicó en la Figura 26. La información que tendrán los botones del menú se establece de acuerdo a la pantalla que se encuentra en ese momento.

La presentación de los menús será de dos formas, una estática para el nivel 2 y una dinámica para el nivel 3.

4.4.3. Formato de la Pantalla del HMI

El formato de la pantalla se establecerá de acuerdo a la información de la consola, por tal motivo se puede decir que para estas interfaces humano máquina se ocupará una resolución de 1440x900 pixeles, debido al monitor y las características de la tarjeta de video que posee. Con esta información se indicará en la plataforma de desarrollo de la interfaz la resolución a trabajar como se muestra en la Figura 44.

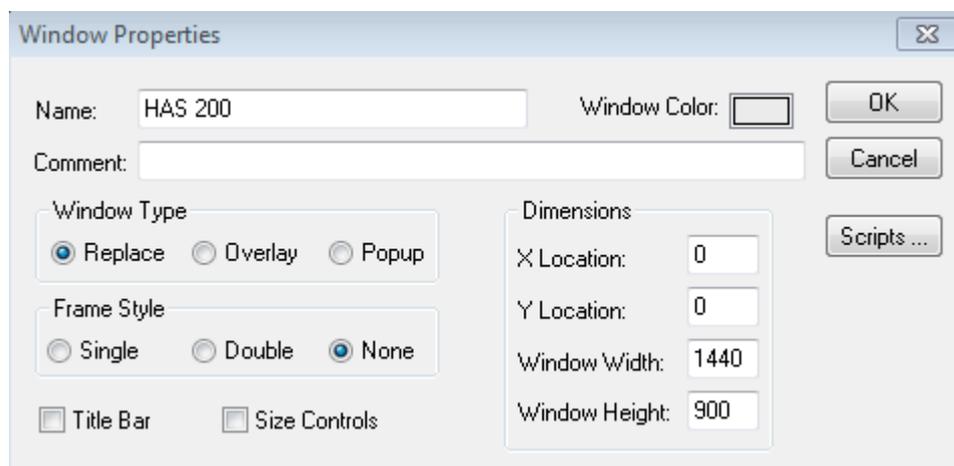


Figura 44. Resolución establecida en la plataforma Archestra IDE

Por medio de la guía de estilo se estableció las nociones para la selección del tipo de fondo que deben tener las pantallas, usar colores neutros que no generen gran resplandor como los colores blanco y negro, ya que se debe cuidar de la percepción visual. Además la norma ISA SP 101 da un práctico consejo de mantener un fondo neutro que se define como un color de una saturación muy baja, que está cercano al gris.

Por tal motivo el color de fondo de las pantallas a utilizar es el color gris como se muestra en la Figura 45, cumpliendo con uno de los requisitos primarios de la interfaz que es hacer clara la presentación visual.

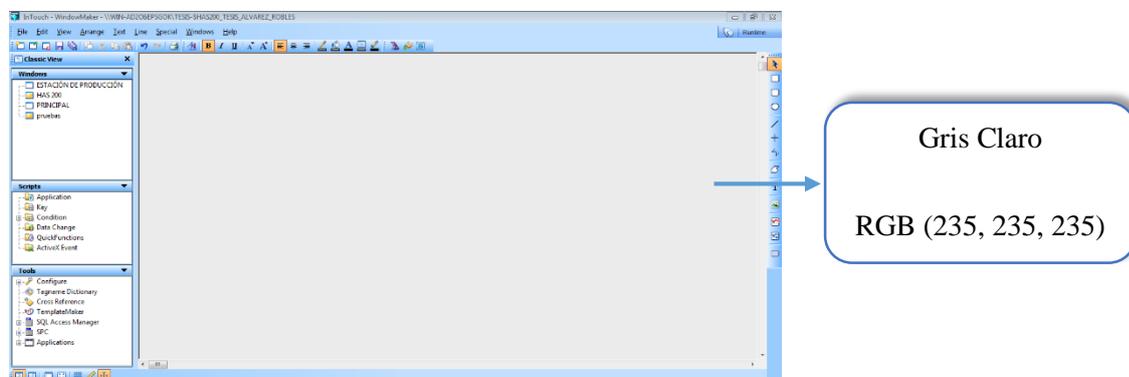


Figura 45. Color de Fondo para las Interfaces

4.4.4. Formato del Texto para el HMI

La presentación de la información hacia el estudiante se determina de varios modos, uno de ellos y el más común mediante texto, para reportar los eventos que va generando la interfaz, en caso de no usar un formato de texto es seguro que el estudiante no va tener la capacidad de abstraer ningún tipo de información.

El presentar la información mediante un formato de texto es muy necesario, pero no es pertinente saturar al estudiante con demasiada información textual, obteniendo pantallas difíciles de leer. (Norma Europea EN 29241-3: 1993-A1, 2000)

Los caracteres de pantalla deberán estar bien definidos y configurados de forma clara y tener una dimensión suficiente disponiendo de un espacio adecuado entre los caracteres y los renglones. (Norma Europea EN 29241-3: 1993-A1, 2000)

Los tipos de fuente que existen son dos el de tipo Serif y el tipo Sans Serif, en la Figura 46 se ilustra cual es la diferencia visual de ambas fuentes.



Figura 46. Tipos de Fuentes de Texto

El tipo de fuente Serif es utilizado en la mayoría de textos por las editoriales por tener una terminación característica, en cada letra para encaminar visualmente en la lectura, por el contrario la fuente Sans Serif es más concisa para mejorar la claridad de los textos, por tal motivo se recomienda el uso de este tipo de letra para las interfaces humano máquina.

Por lo tanto el tipo de fuente a utilizar será la Sans Serif y el tipo de letra será la **Tahoma**, en el HMI del sistema HAS-200. La distribución del formato de texto para las pantallas se lo determina según el **Cuadro 14**.

Cuadro 14

Formato de Texto para el HMI del Sistema HAS-200

Formato de Texto para el HMI del Sistema HAS-200			
Títulos	Subtítulos	Variables	Asistencia/Tooltip
Tipo de letra: Tahoma	Tipo de letra: Tahoma	Tipo de letra: Tahoma	Tipo de letra: Tahoma
Tamaño de Letra: 16	Tamaño de Letra: 12	Tamaño de Letra: 10	Tamaño de Letra: 8
Representación: Negrita	Representación: Negrita	Representación: Sin Negrita	Representación: Sin Negrita

El uso de mayúsculas será limitado exclusivamente para los encabezados o títulos principales ya que utilizar todo con mayúscula generará estrés visual. Los textos serán agrupados y debidamente alineados para mantener una correcta simetría en la interfaz.

4.4.5. Uso de Color para el HMI

Con el objetivo de crear un adecuado ambiente de trabajo para el estudiante y una rápida interacción en el proceso, es importante establecer colores de alto contraste para representar el estado de los equipos dentro del mismo, cada representación debe informar determinado evento, debido a ello no puede existir una mezcla de colores, ya que sería altamente perjudicial confundiendo al estudiante. (Pere, 2008)

Ya que el uso de los colores va a representar que estado tendrán los botones, equipos, variables, advertencias, alarmas y de más elementos que formarán parte de la interfaz.

Por ningún motivo se utilizará este tipo de combinaciones que afectarían a los parámetros fisiológicos ya establecidos, estas combinaciones son:

- Amarillo-Azul
- Amarillo-Blanco
- Verde-Azul
- Verde-Rojo
- Rojo-Azul

Ahora es pertinente determinar qué tipo de colores utilizar dependiendo la situación que se genere y que acción debe tener el estudiante como se observa en el Cuadro 15.

Cuadro 15
Uso de Colores para las HMI del sistema HAS-200

Uso de Colores para las HMI del sistema HAS-200		
Color	Significado	Descripción
Rojo	Emergencia	Para condiciones anormales que no permitan la puesta en marcha del sistema, deben ser de inmediato solucionadas
Naranja	Advertencia	Permite informar al estudiante que este alerta ante una posible situación anormal a la cual debe darle solución
Verde	Normal	Establece el correcto desempeño de las operaciones y que no existe ninguna novedad en la producción

4.4.6. Variables que Interrumpen el Proceso

En todos los procesos productivos es necesario conocer de ciertas variables como temperatura, presión, niveles, y flujos, para reportar de manera adecuada los comportamientos que presenta el sistema en determinado momento.

El sistema HAS-200 se sabe que es de accionamiento neumático, empleando el aire comprimido para transferir la energía necesaria hacia los mecanismos para cumplir

con cierta acción, debido a ello, de no existir la presión necesaria en el sistema HAS-200, este no funcionará, por este motivo la presión será una variable esencial del sistema.

También es pertinente saber si el controlador de cada estación del sistema HAS-200, se encuentra en línea, de no estarlo lo más probable es que exista problemas en el proceso y no termine adecuadamente. Por lo tanto se ha identificado dos variables emergentes del sistema las cuales son:

- PLC fuera de línea
- Sin presión

Con las variables anteriormente mencionadas en buen estado, el sistema puede iniciar el proceso.

4.4.7. Variables Relevantes del proceso

Cada estación tiene un determinado número de variables, pero las que el estudiante siempre debe tomar en cuenta para el correcto funcionamiento del sistema se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16

Identificación de las variables de cada estación

Variables Relevantes del Sistema Altamente Automatizado HAS-200			
Producción	Medición	Tapado	Paletizado
Mínimo de botes	Máximo botes rechazados	Sin tapas	Ventosas
Mínimo de granza	Bote rechazado	Tapa rechazada	Buffer lleno
Código BCR	Buffer lleno	Mínimo de tapas	Código BCR



CONTINÚA

Peso en gramos	Código BCR	Buffer lleno	Lote 1
Botes producidos	Medida del sensor	Código BCR	Lote 2
Bote rechazado	Botes Medidos	Botes etiquetados	Descarga en lote 1
Tiempo de operación	Tiempo de Operación	Tiempo de operación	Descarga en lote 2
Tiempo de producción del último bote	Tiempo de medición del último bote	Información en etiqueta (Nombre, Fecha)	Número botes en lote 1 Número botes en lote 2
Tipo de producto (15 gr, 30gr, 45gr)	Verificación (15 gr 30gr, 45gr)	Tiempo de tapado del último bote	Tiempo de paletizado del último bote
Estación (Apagada, Encendida)	Estación (Apagada, Encendida)	Estación (Apagada, Encendida)	Estación (Apagada, Encendida)

4.4.8. Alarmas

El adecuado uso y presentación de las alarmas informará las situaciones y estados que rigen el proceso que desarrolla el sistema HAS-200, en caso de que exista una anomalía implica una intervención inmediata por parte del estudiante y lo coherente es que la interfaz informe acerca de la falencia que existe en determinado momento.

Por ser un sistema que consta de diferentes procesos se ha clasificado las alarmas como:

- Críticas
- Advertencias

Con la identificación de las variables que interrumpen el proceso anteriormente mencionadas, se puede determinar que se clasifican en la categoría de críticas, cuando sucede este tipo de evento, en la interfaz el estudiante observará la siguiente ventana emergente como se muestra en la Figura 47.



Figura 47. Representación de las alarmas de tipo critico

Donde:

A: Informa que tipo de alarma crítica es

B: Indica que acción se debe realizar

C: Sugiere que fallas pueden existir

De tal manera que para una alarma de tipo crítica que genere el sistema HAS-200 el estudiante se informa de que alarma es, sabe que acción realizar y se le sugiere que falla puede existir, asegurando una instantánea solución y así continuar con el proceso.

Como ya se había establecido en la distribución de la pantalla de la guía de estilo, el sitio donde estarán las alarmas que se clasifican como de advertencias y evidentemente estas dependerá de cada estación. Por ello se ha elegido representarlas como se observa en la Figura 48.



Figura 48. Alarmas clasificadas como advertencias de la Estación HAS-205

En el caso de que exista una advertencia de tipo alta, se debe efectuar el respectivo correctivo únicamente sobre el evento que ocurre de forma rápida, de no hacerlo la estación no continuará su proceso. Cuando exista una advertencia de tipo media se debe verificar que está pasando, si es el caso suministrar de materia prima y realizar el correctivo hasta que desactive el evento que lo haya activado.

4.4.9. Tipos de Asistencia

Todo tipo de aplicación de alto rendimiento tiene una asistencia hacia el usuario, para este caso no será la excepción con el desarrollo del HMI para el sistema HAS-200, de tal manera que se ha desarrollado un manual de usuario completo que abarque con todas las funciones con las que cuenta el HMI, en el Anexo se adjunta todo el desarrollo para la asistencia que se encuentra en la barra de herramientas como se muestra en la Figura 49.

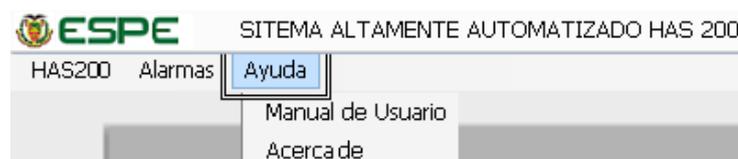


Figura 49. Ubicación de la Asistencia con la que cuenta el HMI

4.5. Aplicación de Requerimientos Funcionales

El diseño que se presentó garantiza tener una interfaz sencilla pero altamente sofisticada, ya que cumple con los requerimientos primarios y secundarios como se lo irá indicando a continuación:

- Permitir una cómoda navegación dentro del sistema y una fácil salida del mismo.
- Utilizar mensajes y textos descriptivos.



Figura 50. Información de las Estaciones del sistema HAS-200



Figura 51. Verificación de requerimientos funcionales

Donde

A: Representan los botones de ingresos hacia las estaciones de producción, medición, tapado y paletizado.

B: Representa la información general del HMI de manera gráfica.

C: Se tiene la ya conocida salida rápida de forma intuitiva y común para el estudiante.

D: Mientras el puntero este dentro del botón indicará la acción que realizará con la utilización del Tooltip y además se enciende el botón.

E: Indica el título de lo que se ha seleccionado.

F: Indica el render de la estación que se ha seleccionado.

G: Indica la descripción de lo que se ha seleccionado.

Como se ha descrito la información que se presenta es concisa, el estudiante podrá abstraer completamente la información que se le presenta, ya que consta del Tooltip en cada botón por lo tanto se está utilizando mensajes y textos descriptivos, siendo totalmente consistente, cumpliendo así también una consideración cognitiva.

La navegación de igual manera es evidente en esta ventana de información y menú de las estaciones que pertenece al nivel 2 de la jerarquía de pantallas, en caso de que el estudiante desee salir en este punto lo podrá hacer, y no solo aquí sino que en todas las pantallas propuestas.

- El HMI debe dar la impresión de manipular directamente con la estación que se esté trabajando.



Figura 52. Manipulación directa de la estación digital HAS-205

Con esta interfaz el estudiante puede usar la estación de medición. Se aplicó la distribución de pantalla que se planteó en la guía de estilo, una de las partes

primordiales de la manipulación de cada planta es el tablero de control, donde también informa si la estación está ejecutándose, parada o apagada, puede tener a las variables relevantes de esta estación como se observa en el Cuadro 16.

En los requerimientos secundarios se estableció no colocar demasiados objetos en la pantalla y los que existen deben estar bien distribuidos como se muestra en la Figura 53, existe la respectiva simetría y se presenta la información que el estudiante necesita, por consiguiente se ha cumplido con los requerimientos Primarios y Secundarios del HMI.

También se cumple con el alcance planteado de tener una interfaz operativa en tiempo real semejante a la de fábrica y con una simulación en tercera dimensión del esquema actual del sistema HAS-200, cumpliendo también con el objetivo de usar las herramientas del Graphic Toolbox de ArchestrA, para obtener una simulación de altas prestaciones con la opción de inicio, pausa y paro.

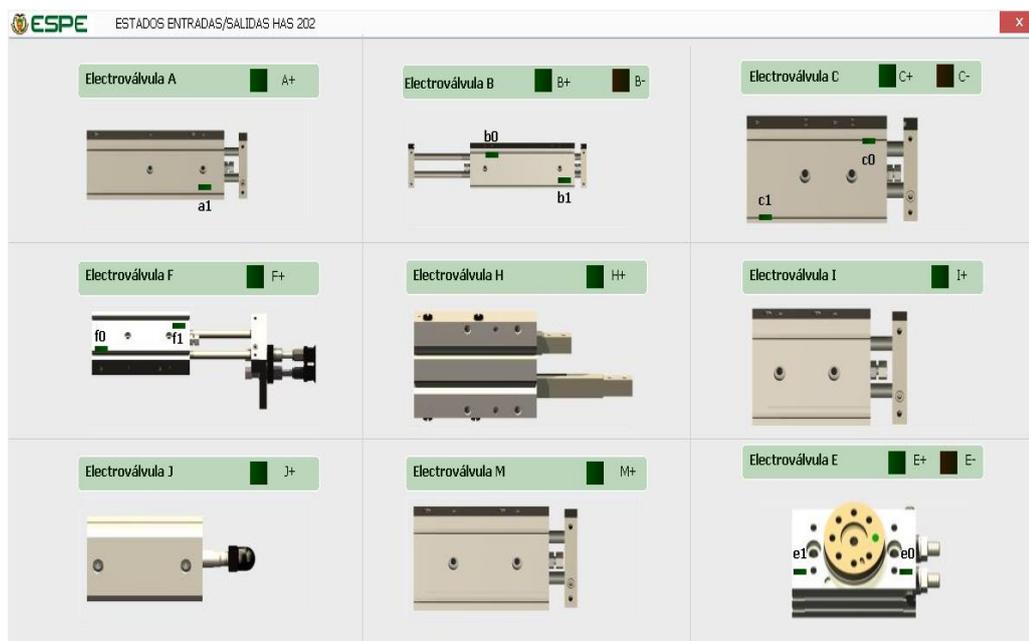


Figura 53. Estados de entradas y salidas de la estación de producción HAS-202

En la Figura 53, se muestra el estado de entradas y salidas, de esa manera el usuario podrá determinar fallos en los sensores y actuadores, evidentemente que siendo un sistema recién adquirido no presentará fallas, pero con el pasar del tiempo y el uso puede ser que un cable se rompa no envíe el dato adecuado, eso se lo puede monitorear ya que cuenta con la información de la entrada o salida del PLC que está conectado al elemento por medio del Tooltip.

4.6. Sistema SCADA

Para el diseño del sistema SCADA se debe tener en consideración el tipo de uso que se le va a dar y las características principales que tendrá el mismo.

Los componentes principales para un sistema SCADA son los siguientes:

- Estación maestra
- Infraestructura de Comunicaciones
- Unidades de Terminal Remota

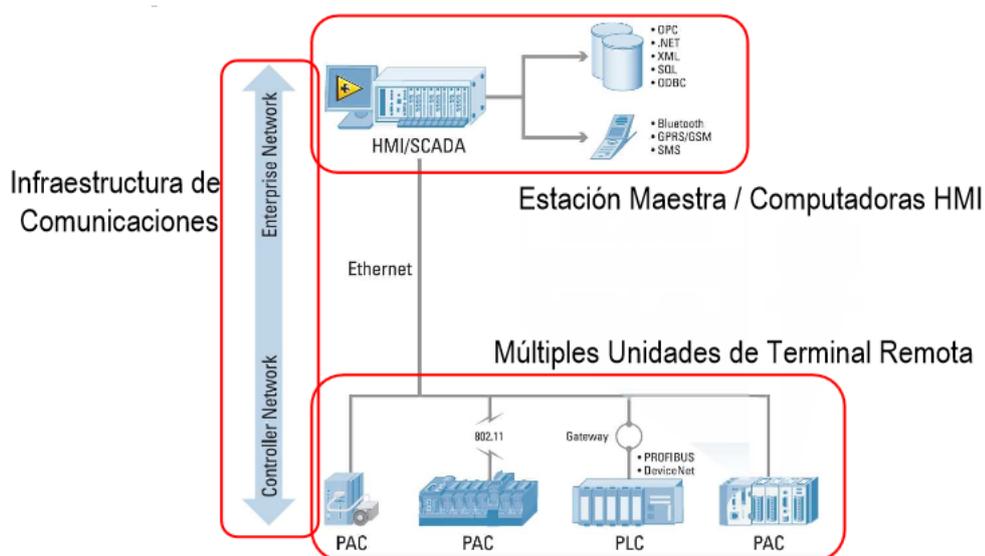


Figura 54. Esquema general del SCADA

Fuente: (Instruments, 2016, pág. 4)

Un sistema SCADA como sus siglas lo indican Supervisory Control And Data Acquisition (Adquisición de Datos y Supervisión de Control) es un sistema completo que incluye HMIs y además es capaz de generar alarmas y administrar un sistema de control para mantener la planta dentro de los parámetros requeridos. (Instruments, 2016, pág. 3)

4.6.1. Requisitos Primarios del SCADA

El requisito primario del sistema SCADA para el presente proyecto de investigación, es monitorizar el sistema HAS-200 de manera remota.

Al tratarse de un sistema de entrenamiento para los estudiantes es capaz de adquirir datos, que se obtiene de cada una de las estaciones y de esa manera administrar y gestionar el proceso de producción.

Para la administración del sistema se contempla el uso de una cámara IP, el sustento de la misma es el hecho de visualizar alguna anomalía y verificar la estación en la que se encuentra la falla, mediante la Figura 55 se muestra como se establece el sistema SCADA para el sistema HAS-200.

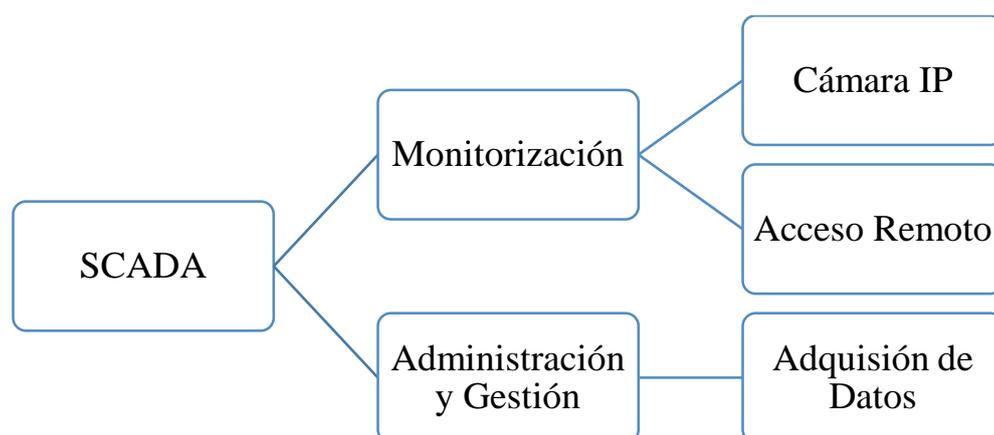


Figura 55. Requisitos del sistema SCADA

4.6.2. Estandarización del SCADA

El sistema cuenta con la característica de ser consistente y presentar información predominante, teniendo un máximo de elementos gráficos que no supere los 12 por cada estación, de manera general se tendrá la siguiente información como se muestra en la Figura 56.

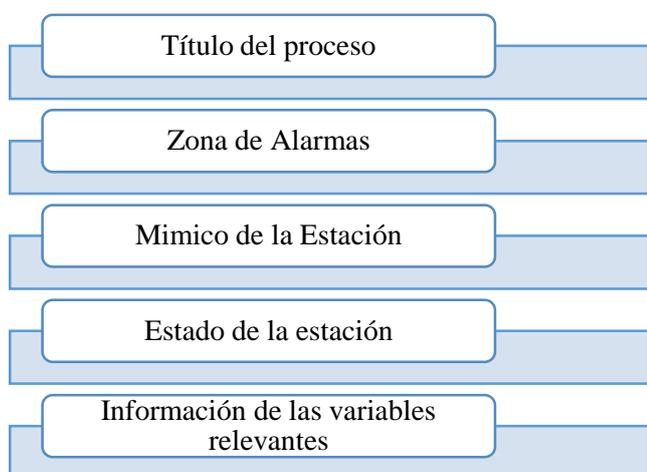


Figura 56. Estandarización del SCADA

Se limita el uso de más elementos debido a que la licencia que se obtuvo tenía un máximo de 75 tags, se puede observar la distribución de la pantalla en la Figura 57.

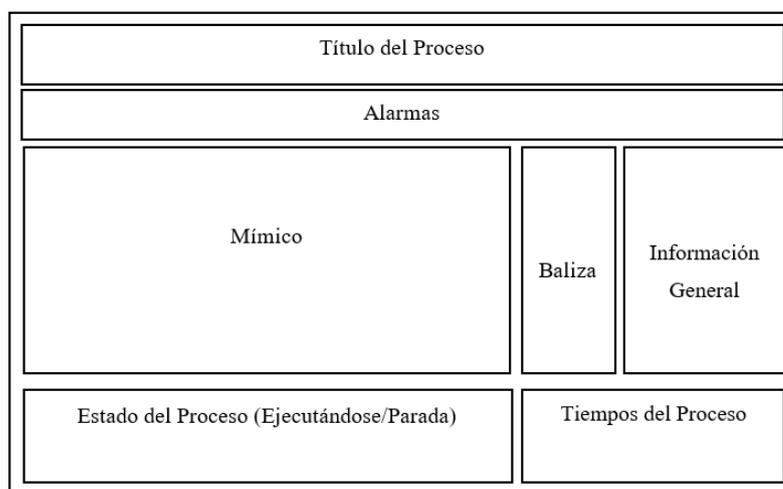


Figura 57. Distribución planteada para el sistema SCADA

Para la disposición de las alarmas se tomó exclusivamente alarmas críticas y de advertencia en el Cuadro 17, se especifica lo mencionado de una manera más específica.

Cuadro 17
Alarmas del SCADA

Determinación de Variables para las Alarmas			
Producción	Medición	Tapado	Paletizado
PLC Fuera de línea	PLC Fuera de línea	PLC Fuera de línea	PLC Fuera de línea
Sin Presión	Sin Presión	Sin Presión	Sin Presión
Mínimo de Granza	Max de Botes Rechazados	Sin Tapas	Ventosas
Mínimo de Botes	Buffer Lleno	Buffer lleno	Buffer lleno

Con la información que se presenta en el sistema SCADA, se gestionará el proceso de producción para determinado evento, con ello se garantiza un adecuado funcionamiento del diseño planteado, en caso de existir alguna anomalía el estudiante podrá solventar el evento sin ningún tipo de problema.

CAPÍTULO V

5. IMPLEMENTACIÓN DEL HMI Y EL SISTEMA SCADA

5.1. Implementación del HMI

Para la implementación del diseño HMI del esquema actual del sistema HAS-200, el proceso que se siguió se muestra en la Figura 58.

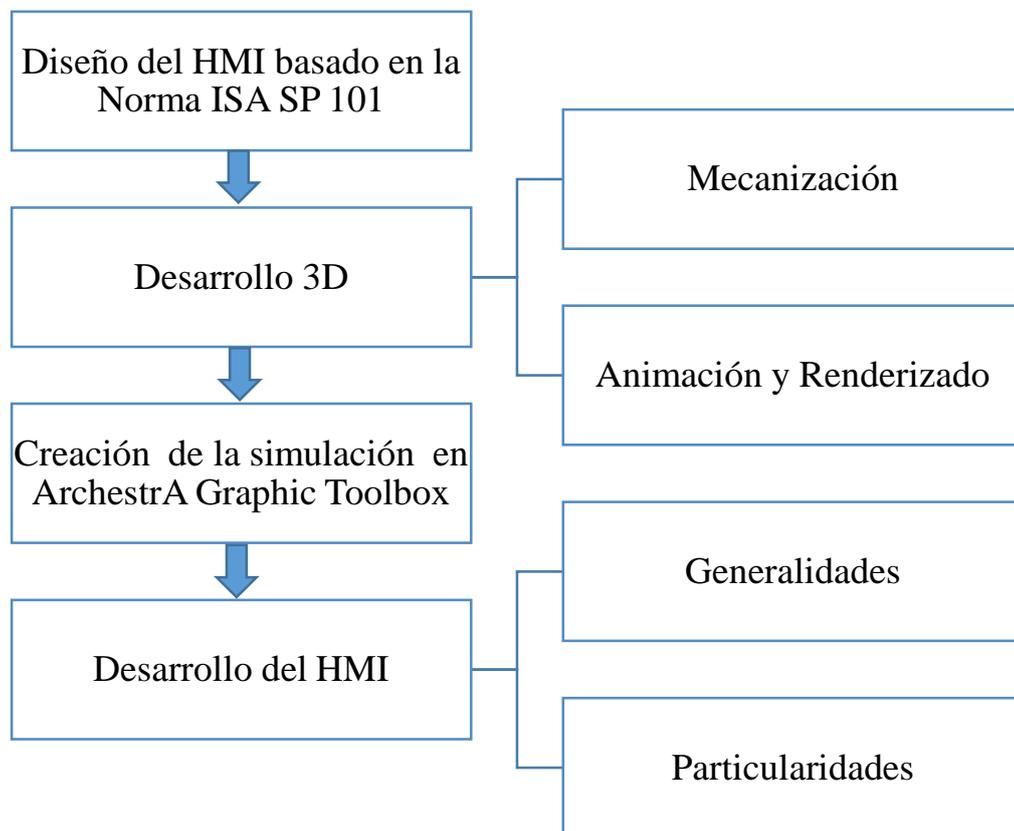


Figura 58. Proceso de Implementación

5.1.1. Diseño del HMI basado en la Norma ISA SP 101

El HMI para el esquema actual del sistema HAS-200, tuvo la particularidad de ser diseñado mediante la norma ISA SP 101, por tal razón el diseño se presentó anteriormente en el Capítulo 4 del presente trabajo.

5.1.2. Desarrollo 3D

El desarrollo 3D final consta de la parte de la mecanización del sistema, con todas las características reales y de la respectiva animación y renderización.

5.1.2.1. Mecanización

Como ya ha sido indicado el software a utilizar para la mecanización es el Autodesk Inventor 2015, la mecanización en tercera dimensión esta lista como se observa en la Figura 59.

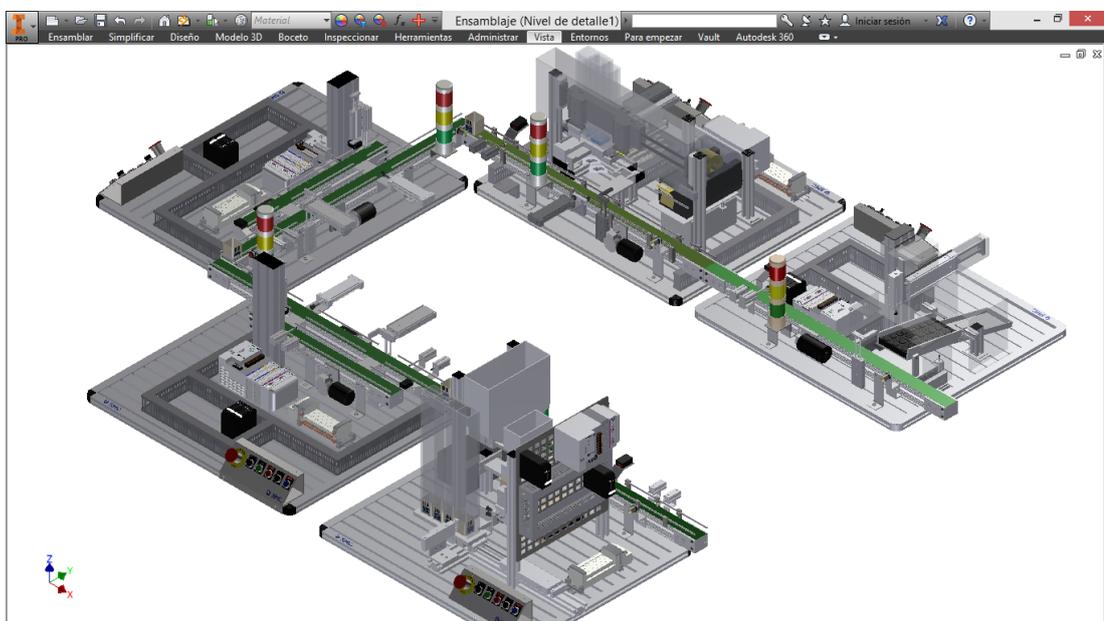


Figura 59. Mecanización en 3D en del sistema HAS-200

Para la mecanización de cada una de las estaciones, tuvo tres características bien definidas que son:

- Desarrollo de Piezas
- Ensamblaje de Piezas
- Descripción del tipo de material

Estos procesos se iniciaron desde cero, tomando en cuenta las medidas reales de los elementos y los detalles particulares.

5.1.2.2. Animación y Renderización

El proceso de animación y renderización se efectúa en la misma plataforma, lo predominante es realizar la respectiva animación del proceso, para obtener los render de cada estación dependiendo del tiempo establecido.

5.1.2.3. Animación

La animación constituye un proceso similar para todas las estaciones, por tal motivo se explicará solo para la estación de Medición

Una vez esté listo el mecanizado se utiliza la herramienta Inventor Studio como se observa en la Figura 60.



Figura 60. Iniciar con Inventor Studio

Se desplegará el menú de Renderizar que dispone de varias prestaciones, para este caso únicamente se utiliza duración de la animación como se muestra en la Figura 61.



Figura 61. Iniciar la animación

Cada elemento que actué en el proceso de medición tendrá su respectivo movimiento, el cual se lo configura dando clic derecho en este caso particular sobre el bote y seleccionado animar componente, como se observa en la Figura 62.

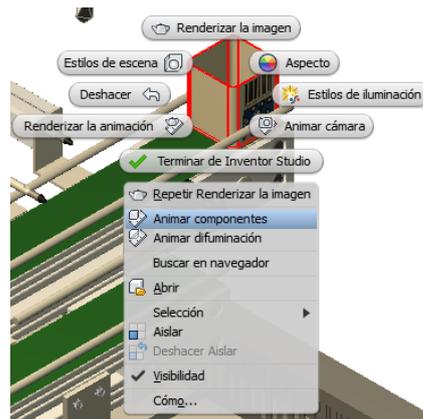


Figura 62. Animar Componentes

La configuración consta de dos partes principales la posición y la especificación del tiempo como se observa en la Figura 63.

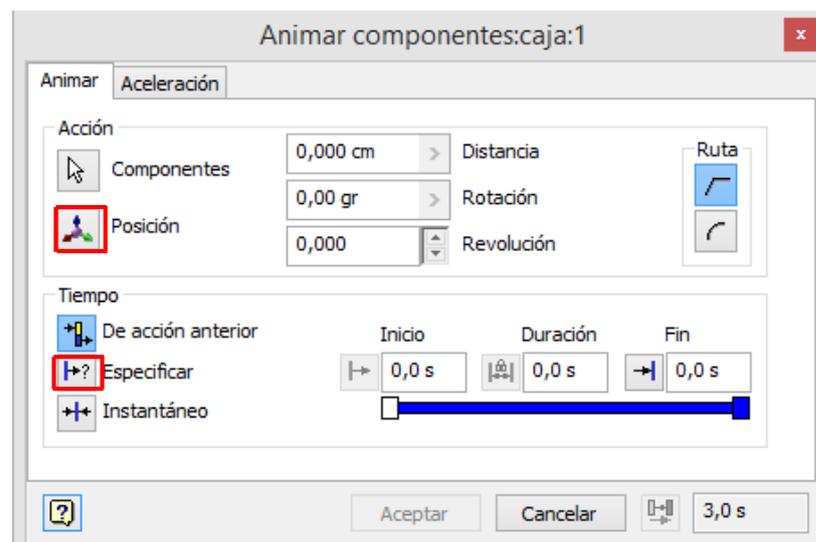


Figura 63. Configuración de la Animación

- Posición

La posición determina en que eje se va dar el movimiento, ya sea en las coordenadas x, y, z como también cuanta distancia se desplazará como se observa en la Figura 64.

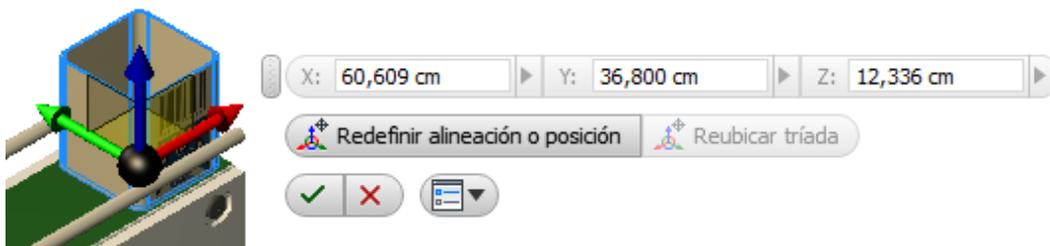


Figura 64. Configuración de la Posición

- Especificación de Tiempo

El tiempo se delimita desde un tiempo inicial y un tiempo final, de esa manera se establece cuánto dura el movimiento en segundos, como se observa en la Figura 65 el movimiento dura un segundo.

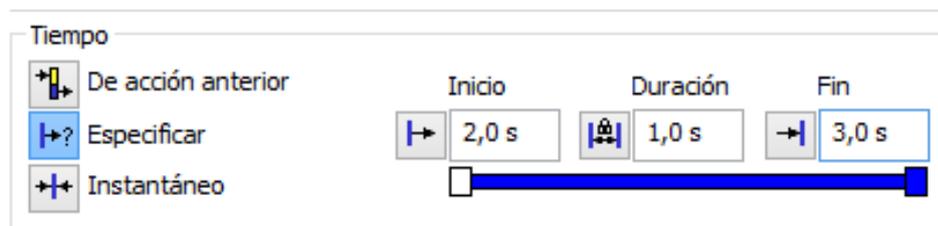


Figura 65. Configuración del tiempo para la Animación

Con la animación de todos elementos se obtendrá la animación de la estación de medición que será determinante para obtener los render con un periodo de 0.25 segundos este valor se lo establece en el campo marcado en rojo de la Figura 66.

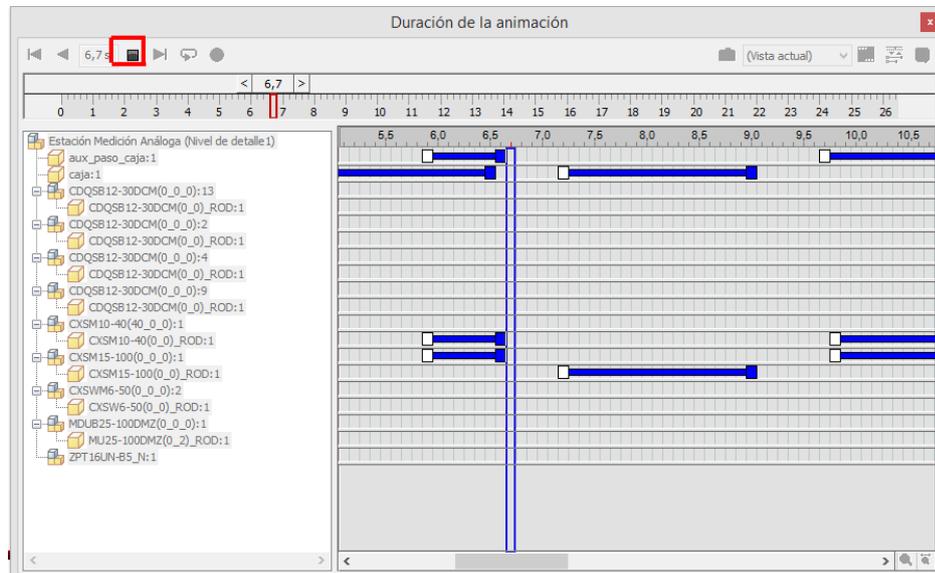


Figura 66. Reproducción de la Animación

5.1.2.3.1. Renderización

Del menú renderizar se utiliza la herramienta renderizar imagen y estilos de iluminación, como se observa en la Figura 67. Este proceso es el mismo para todas las estaciones de manera general.



Figura 67. Herramientas para renderizar

La razón de utilizar el estilo de iluminación es garantizar la correcta visualización del render final, ya que existen ocasiones que se presentan escenarios opacos, por lo tanto se debe elegir que plano iluminar como se observa en la Figura 68, para que al final no se visualice una imagen de baja calidad.

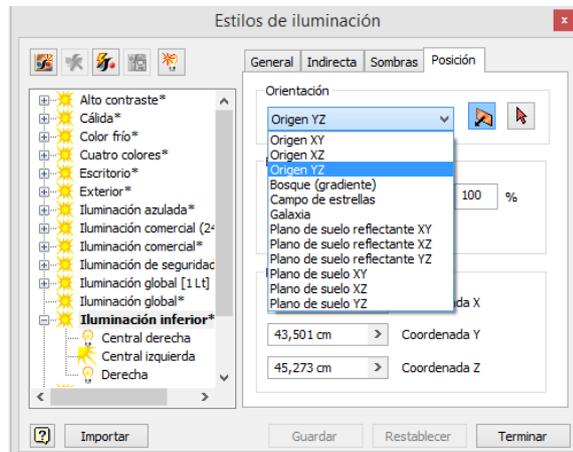


Figura 68. Estilos de iluminación

Con el adecuado estilo de iluminación se procede a realizar el render, con el intervalo de tiempo ya indicado en el apartado de especificación del tiempo que es de 0.25 segundos, para que se pueda visualizar la simulación de manera real.

Lo que significa un promedio de 100 render por cada estación. En la distribución de la pantalla se ha dejado el espacio de 730x460 pixeles, por lo tanto ese valor se debe establecer en la en la herramienta de renderización.

En la Figura 69, se muestra como se ha configurado los parámetros para la renderización de las estaciones.

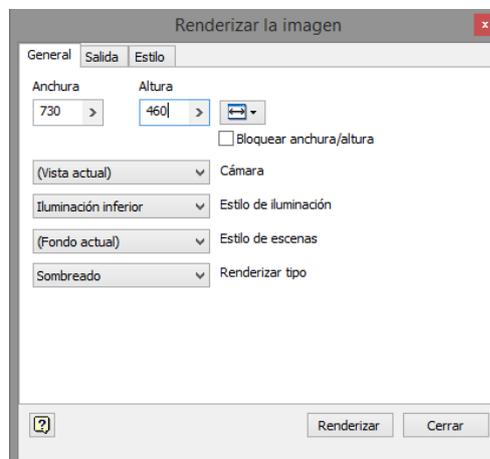


Figura 69. Definición de la resolución del Render

Se recomienda que los render sean guardados en el formato .jpg por motivos de portabilidad y compatibilidad con el software ArchestrA, cuyo beneficio es que las pantallas se carguen rápidamente y no ralenticen la navegación en el HMI.

En la Figura 70, se tiene como es la salida del render con ya las especificaciones mencionadas, el proceso de renderización ha durado unos 36 segundos para obtener la primera imagen.



Figura 70. Salida de la renderización

5.1.3. Creación de la simulación en ArchestrA Graphic Toolbox

Cuando se tiene ya listo los render se procede a ingresar al Grapich Toolbox de ArchestrA, para crear un nuevo elemento que contendrá la simulación, como se observa en la Figura 71, se tiene que exportar las 100 imágenes que se utilizan para ejecutar la simulación, se debe tener en cuenta el orden de las imágenes ya que depende del correcto uso de las mismas. obtener una simulación correcta en la presentación final.

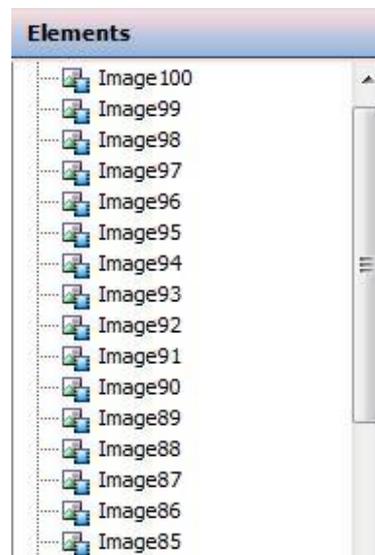


Figura 71. Imágenes para simular el proceso

Cada imagen se procede a darle una animación con la propiedad de visibilidad y en el argumento se establece el valor que le corresponde a cada imagen, como se muestra en la Figura 72.

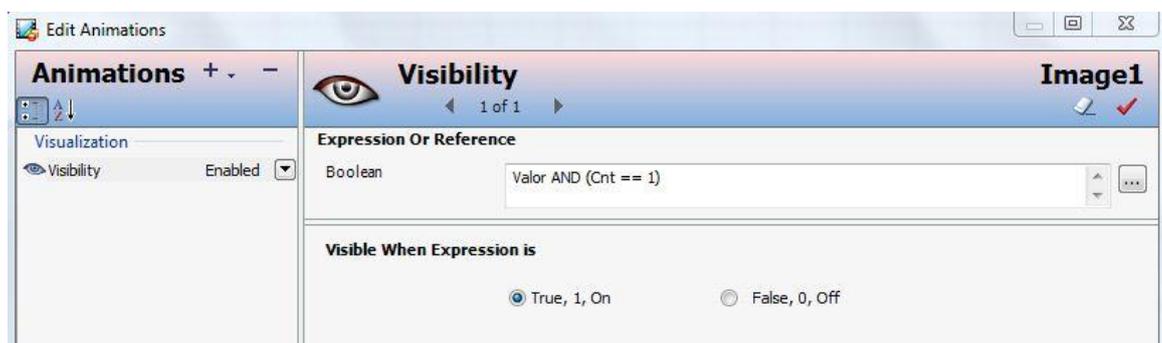


Figura 72. Configuración de la animación

Finalmente se realiza un script con el objetivo que los renders se visualicen cada 250 ms, y cuando llegue al número máximo de renders empiece de nuevo en el primero, de esa manera se establece la simulación del proceso, el código se muestra en la Figura 73.

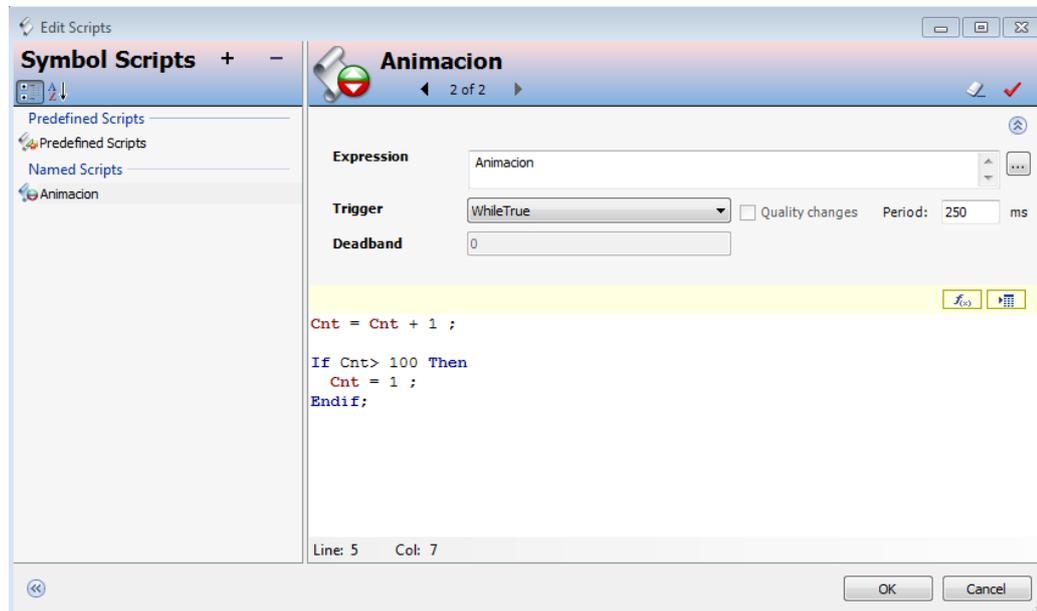


Figura 73. Representación del Script para la simulación

5.1.4. Desarrollo del HMI

Las pantallas de información general de todo el HMI, pertenecen al nivel 1, nivel 2 y nivel 4 del Cuadro 13.

5.1.4.1. Presentación

Contiene la portada principal del HMI indicando información como

- Nombre de la Institución
- Nombre del Departamento
- Carrera y Especialidad
- Tema y Autores

Al final de la portada se tiene el botón que permite ingresar, hacia la información y menú del HAS-200 como se muestra en la Figura 74.



Figura 74. Presentación del HMI

5.1.4.2. Información y Menú

Se presenta la información de la estación, el render general de la estación y la posibilidad de ingresar a cualquiera de las estaciones como se muestra en la Figura 75, se ha seleccionado la estación de tapado, cabe indicar que la información y el render varían dependiendo que estación se ha seleccionado.



Figura 75. Pantalla de Información

Cuando no se ha seleccionado ninguna estación, se presenta una información general como se muestra en la Figura 76.



Figura 76. Pantalla de Información de manera general

5.1.4.3. Alarmas y Estado de entradas y salidas

En el diseño del HMI cuando el sistema está sin presión y el PLC está fuera de línea, ambas caracterizadas de estado crítico se debe presentar esta información de manera general. Como se muestra en la Figura 77.



Figura 77. Representación de Alarma critica

El desarrollo del estado de entradas y salidas, es dedicado exclusivamente para la verificación de los actuadores de cada estación con sus respectivos sensores, por tal motivo cada estación dispone de una pantalla para poder evaluar si existe una avería,

de existir el estudiante tendrá la información de donde se encuentra conectado en el PLC.

Como se observa en la Figura 78 de la estación de Tapado se evidencia que salidas y entradas se encuentran activadas, si en caso existe una avería será más simple el identificar que elemento es y donde se encuentra conectado con la información del Tooltip.

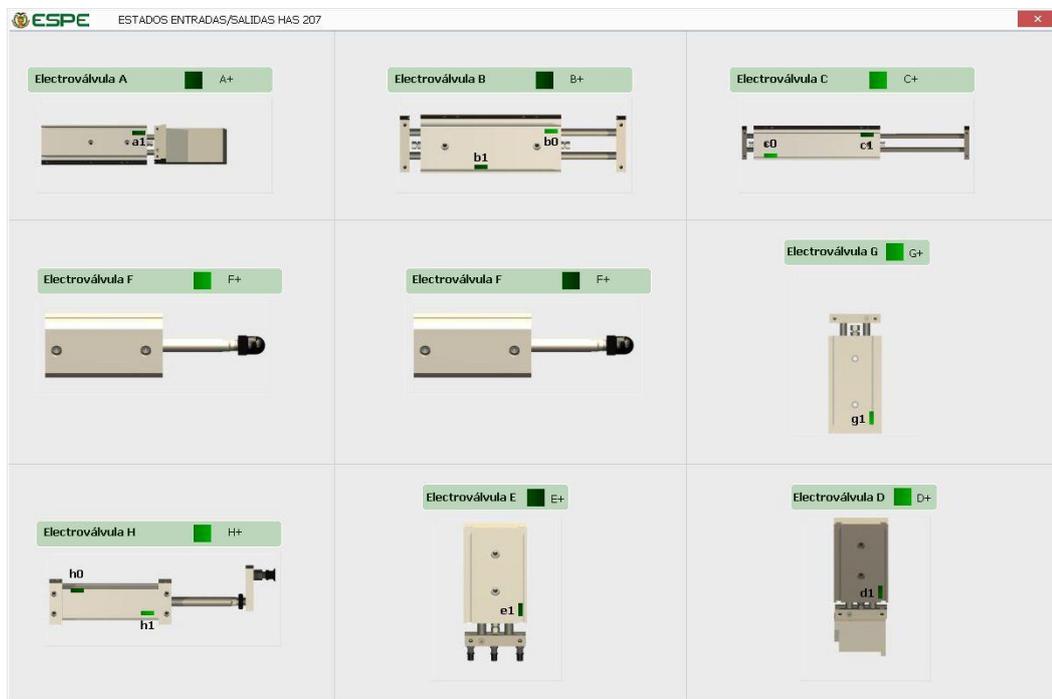


Figura 78. Diagnóstico de Averías

Continuando con el desarrollo del HMI y siguiendo las condiciones de diseño antes descritas en el capítulo 4, de manera particular las pantallas que presentan diferente información, serán las cuatro estaciones de producción, medición, tapado y paletizado en la Figura 79 se establece lo común y lo particular respectivamente.



Figura 79. Generalidades y Particularidades de las estaciones

5.1.4.4. Generalidades de las estaciones del sistema HAS-200

De manera general todas las estaciones cuentan con la siguiente información:

- Título

Las estaciones que se encuentran en el nivel 3 de la jerarquía de pantallas, llevan el título principal identificándose así una de la otra.

- Barra de Estado y de Herramientas

En la barra de estado se enuncia el nombre del sistema altamente automatizado HAS-200, el mímico de la institución, además permite minimizar la aplicación y cerrarla como se observa en la Figura 80.



Figura 80. Información de la Barra de Estado

La barra de herramientas accede a las siguientes funciones como se observa en la Figura 81.

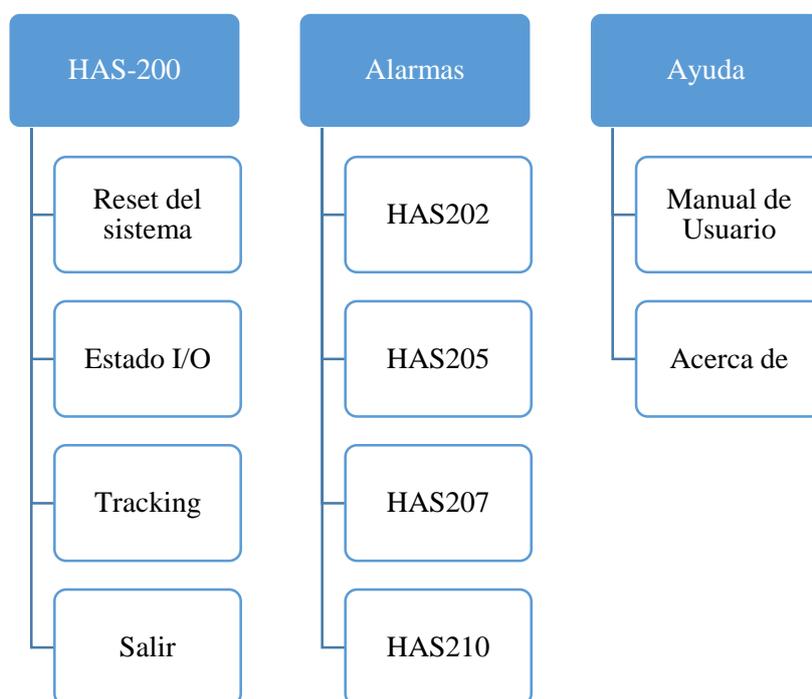


Figura 81. Información de la Barra de Herramientas

- Estado

El estado de la estación lo representa la baliza con tres posibles estados ejecutándose representado por el color verde, paro o pausa representado por el color rojo y advertencia representado por el color amarillo. En el HMI se emula la baliza como se observa en la Figura 82.

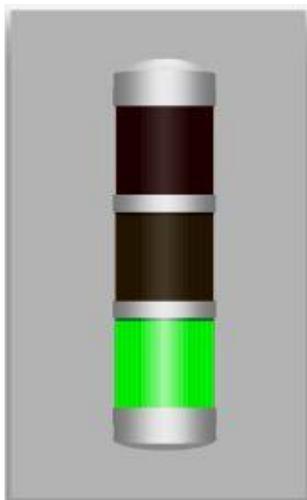


Figura 82. Estado para las estaciones del sistema HAS-200

- Navegación

Para la navegación del HMI se manejó el mismo de la guía de estilo propuesto, de tal manera que se pueda ingresar a las siguientes pantallas como se observa en la Figura 83.



Figura 83. Navegación del HMI

La navegación es la misma para todas las estaciones y niveles de jerarquía

- Inicio
 - Información de las Estaciones de Trabajo
 - Estación de Producción
 - Estación de Medición
 - Estación de Tapado
 - Estación de Paletizado
-
- Control de Mando

El elemento de control es la botonera por lo tanto se emula completamente su funcionamiento, para que la estación sea controlada desde el HMI, contiene el botón de inicio, paro y reset, también contiene los switches de encendido y cambio de modo de operación.

Desde el HMI solo se visualizará el cambio de estado de los switches, mas no se los manipulará. En la Figura 84 se muestra como fue constituido el control de mando.

También se informa si la estación se está ejecutando, parada o apagada y en qué modo de operación está integrado o autónomo.



Figura 84. Control de mando de la estación de Producción

5.1.4.5.Particularidades de las estaciones del sistema HAS-200

De manera particular tanto para la estación de producción, medición, tapado y paletizado cuentan con la siguiente información:

5.1.4.5.1. Estación de Producción

- Alarmas

La presentación de alarmas de la estación de producción es visualizada, en el espacio que se determinó en la distribución de la pantalla como se observa en la Figura 85. En este caso se muestra que existe un mínimo de botes, por lo tanto el estudiante debe colocar o reponer los botes en el almacén.



Figura 85. Visualización de las Alarmas en la estación de Producción

- Información de producto y producción

La información de las variables relevantes del proceso como se mencionó en el Cuadro 16 y han sido representadas como se observa en la Figura 86.

Una importante consideración son los tiempos, tanto de producción del último bote y el de operación de la estación, como también el número de botes producidos.



Figura 86. Variables relevantes de la estación de producción

- Simulación

Con simulación del proceso de producción, se podrá reproducir, pausar y detener tal como se presenta en la Figura 87.

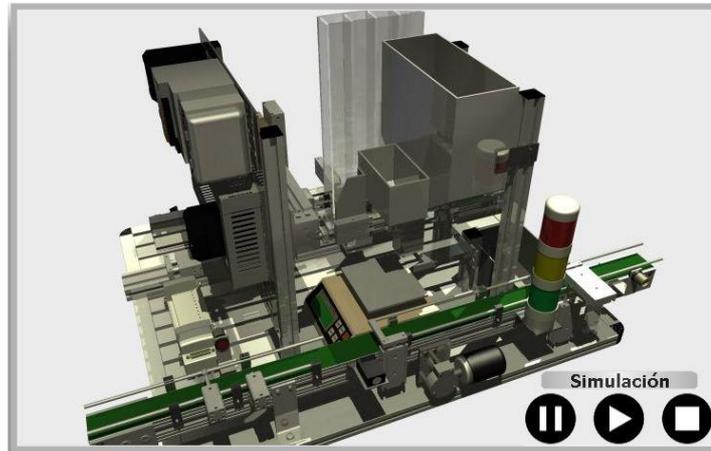


Figura 87. Mímico de la estación de Producción

Y al final se obtiene el HMI final para la estación de producción, con los respectivos lineamientos antes establecidos, utilizando todas las consideraciones de diseño como se observa en la Figura 88.



Figura 88. HMI implementado para la estación de Producción

5.1.4.5.2. Estación de Medición Digital

- Alarmas

La presentación de alarmas de la estación de medición es visualizada, en el espacio que se determinó en la distribución de la pantalla como se observa en la Figura 89. En este caso se muestra que existe un bote rechazado, por lo tanto el producto no estuvo acorde a la producción del momento.



Figura 89. Visualización de las Alarmas en la estación de Medición

- Información de producto y producción

La información de las variables relevantes del proceso de medición se presenta en la Figura 90. La función de verificar si fue un bote de 15gr, 30gr y 45 gr, esta función solo se la visualiza cuando el sistema está en modo integrado, de estar en modo autónomo esta característica no será visualizada.

Una importante consideración son los tiempos tanto de medición del último bote, y el de operación de la estación, como también los botes medidos y la visualización del BCR rechazado.



Figura 90. Variables relevantes de la estación de medición

- Simulación

Con la simulación de medición se podrá reproducir, pausar y detener tal como se presenta en la Figura 91.

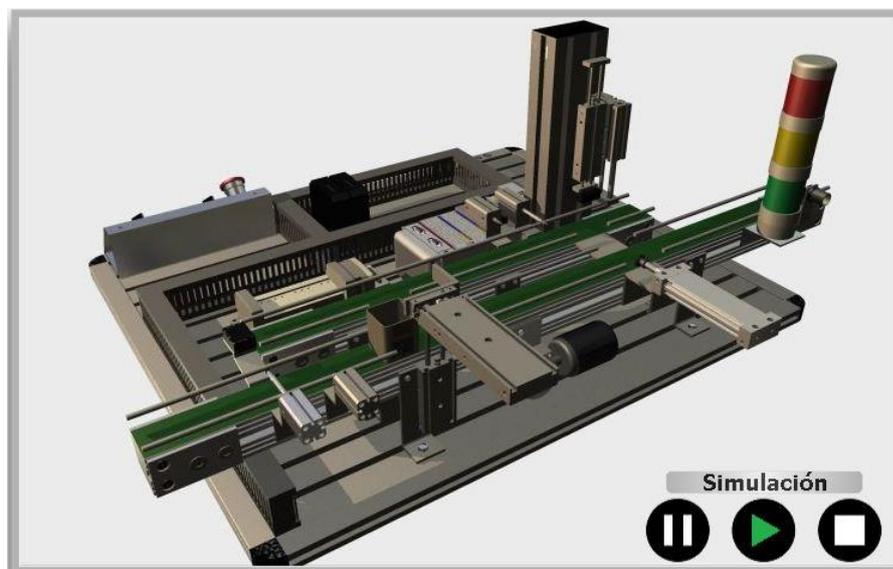


Figura 91. Mímico de la estación de Medición

Cuando un bote se ha rechazado se presenta un mensaje al estudiante con la siguiente información:

- Límite Superior de calidad
- Límite Inferior de calidad

Estos parámetros deben ser configurados desde el SPC del Ed-MES, para poder establecer la tolerancia para los botes de 15gr, 30gr y 45gr, cabe indicar que el fabricante establece que los valores serán de 0mm a 50mm. Como se puede observar en la Figura 92 los límites se han sobrepasado.

BOTE RECHAZADO		
FUERA DE RANGO DE HISTÉRESIS DE CONTROL		
Límite Superior	Bote Medido	Límite Inferior
50.0	0.0	0.0

Aceptar

Figura 92. Límites de Tolerancia para los productos

Y al final se obtiene el HMI final para la estación de medición, con los respectivos lineamientos antes establecidos, utilizando todas las consideraciones de diseño se observa en la Figura 93.



Figura 93. HMI implementado para la estación de Medición

5.1.4.5.3. Estación de Tapado y Etiquetado

- Alarmas

La presentación de alarmas de la estación de tapado es visualizada, en el espacio que se determinó en la distribución de la pantalla como se observa en la Figura 94.



Figura 94. Visualización de las Alarmas en la estación de Tapado

- Información de producto y producción

La información de las variables relevantes del proceso de tapado se presenta de la en la Figura 95. Una importante consideración son los tiempos tanto de tapado del último bote y el de operación de la estación.



Figura 95. Variables relevantes de la estación de tapado

- Simulación

Con la simulación de tapado se podrá reproducir, pausar y detener tal como se presenta en la Figura 96.

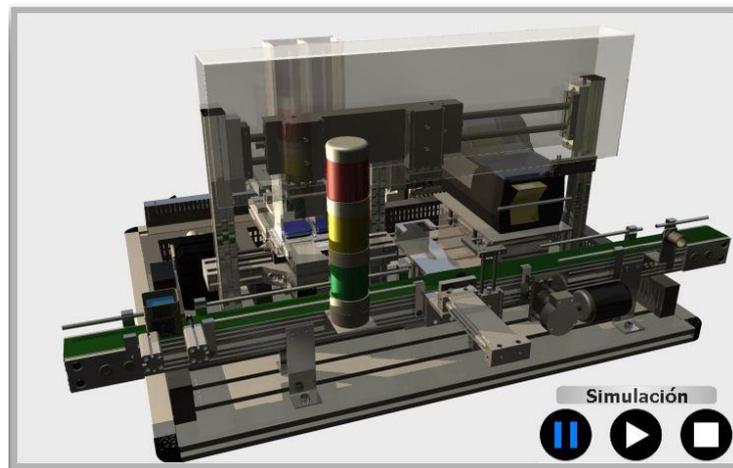


Figura 96. Mímico de la estación de Tapado

Y al final se obtiene el HMI final para la estación de tapado, con los respectivos lineamientos antes establecidos, utilizando todas las consideraciones de diseño se observa en la Figura 97.



Figura 97. HMI implementado para la estación de Tapado

5.1.4.5.4. Estación de Paletizado

- Alarmas

La presentación de alarmas de la estación de paletizado es visualizada en el espacio que se determinó en la distribución de la pantalla como se observa en la Figura 98.



Figura 98. Visualización de las Alarmas en la estación de Paletizado

- Información de producto y producción

La información de las variables relevantes del proceso se presenta de la siguiente manera como se observa en la Figura 99. La información puede ser visualizada tanto en modo autónomo como en integrado.

Una importante consideración son los tiempos de paletizado del último bote y el de operación de la estación. A la vez para llevar el registro de los botes almacenados.



Figura 99. Variables relevantes de la estación de paletizado

- Simulación

El mímico del proceso de paletizado se podrá reproducir, pausar y detener. Y el mímico se presenta en la Figura 100.

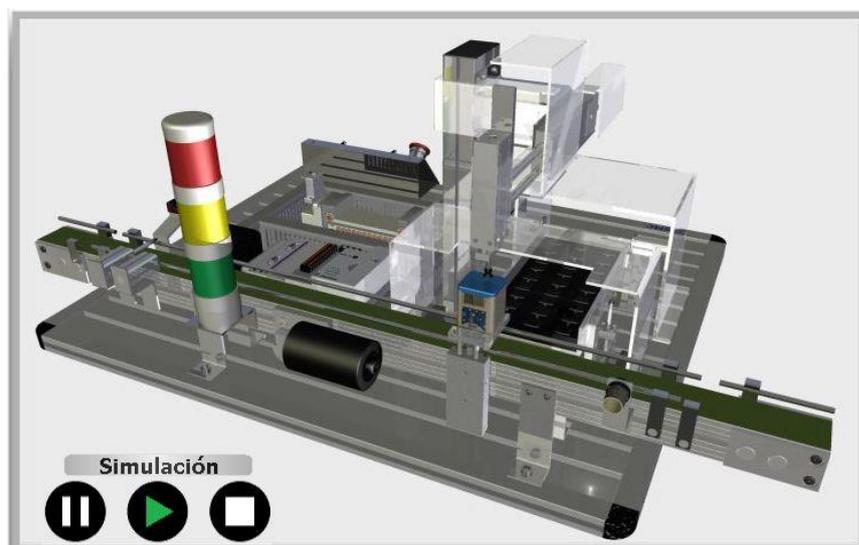


Figura 100. Mímico de la estación de Paletizado

Y al final se obtiene el HMI final para la estación de paletizado, con los respectivos lineamientos antes establecidos, utilizando todas las consideraciones de diseño como se observa en la Figura 101.



Figura 101. HMI implementado para la estación de Paletizado

5.2. Configuración de la comunicación con el OPC

La comunicación entre el HMI y los Tags que tienen los PLCs, se lo ha realizado con RSLinx 3., este procedimiento enlaza los elementos creados en el HMI, mediante la creación de un tópico en cada PLC los cuales fueron:

- TOOL2 (PLC2)
- TOOL5 (PLC5)
- TOOL7 (PLC7)
- TOOL10 (PLC10)

Como se muestra en la Figura 102 se ha creado el tópico para el PLC de la estación de paletizado, este procedimiento es el mismo para los demás PLCs.

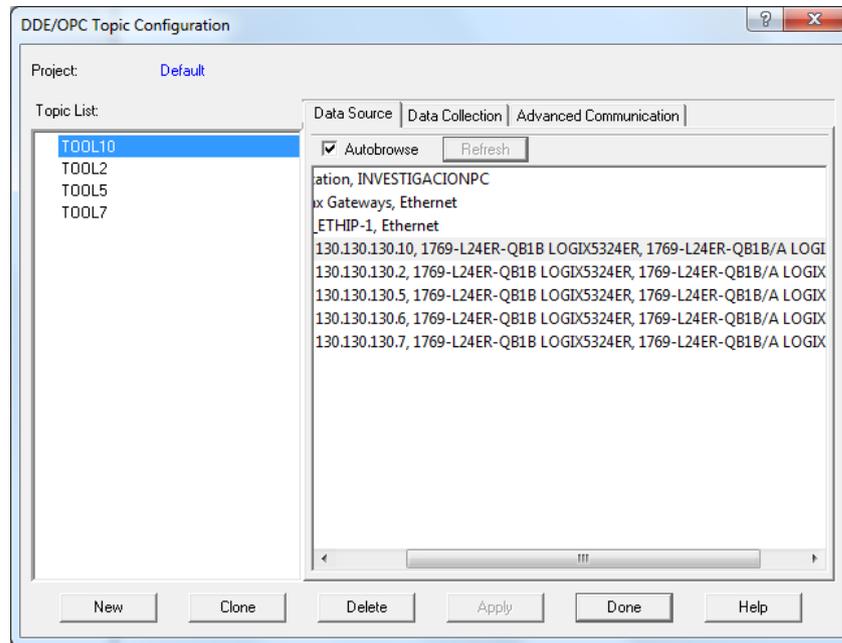


Figura 102. Creación de Tópico

También se configuró el tiempo de adquisición de datos, que sea de 100 ms como se observa en la Figura 103.

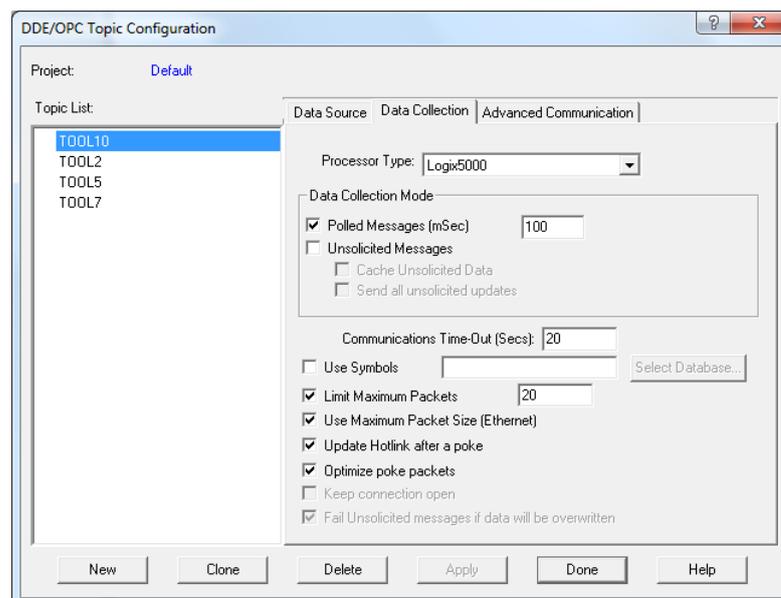


Figura 103. Tiempo de adquisición de Datos

Cuando el t3pico haya sido creado se ingresa a la aplicaci3n Intouch, se indica el nombre de acceso para que los elementos creados se comuniquen con el HMI, como se muestra en la Figura 104.

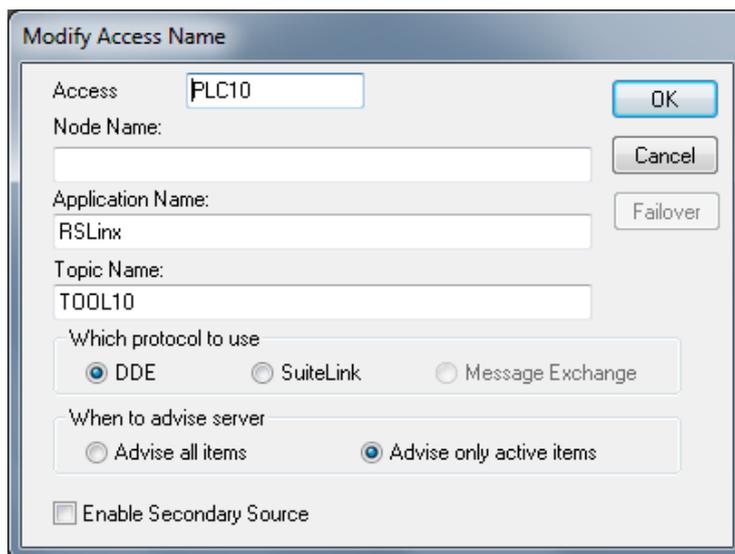


Figura 104. Nombre de Acceso del HMI

El nombre de acceso creado se muestra a continuaci3n:

- Estaci3n de Producci3n (PLC2)
- Estaci3n de Medici3n (PLC5)
- Estaci3n de Tapado (PLC7)
- Estaci3n de Paletizado (PLC10)

Y para terminar el intercambio dinámico de datos, resta por completar el nombre de la aplicaci3n que es Rslinx y seleccionar el protocolo DDE desarrollado por Microsoft, para enviar y recibir datos en Windows.

5.3. Características y Configuración de la Red

Para la implementación del presente trabajo de investigación se debe definir la red con la que se trabajará ya que todos los dispositivos utilizan una red Ethernet para su comunicación.

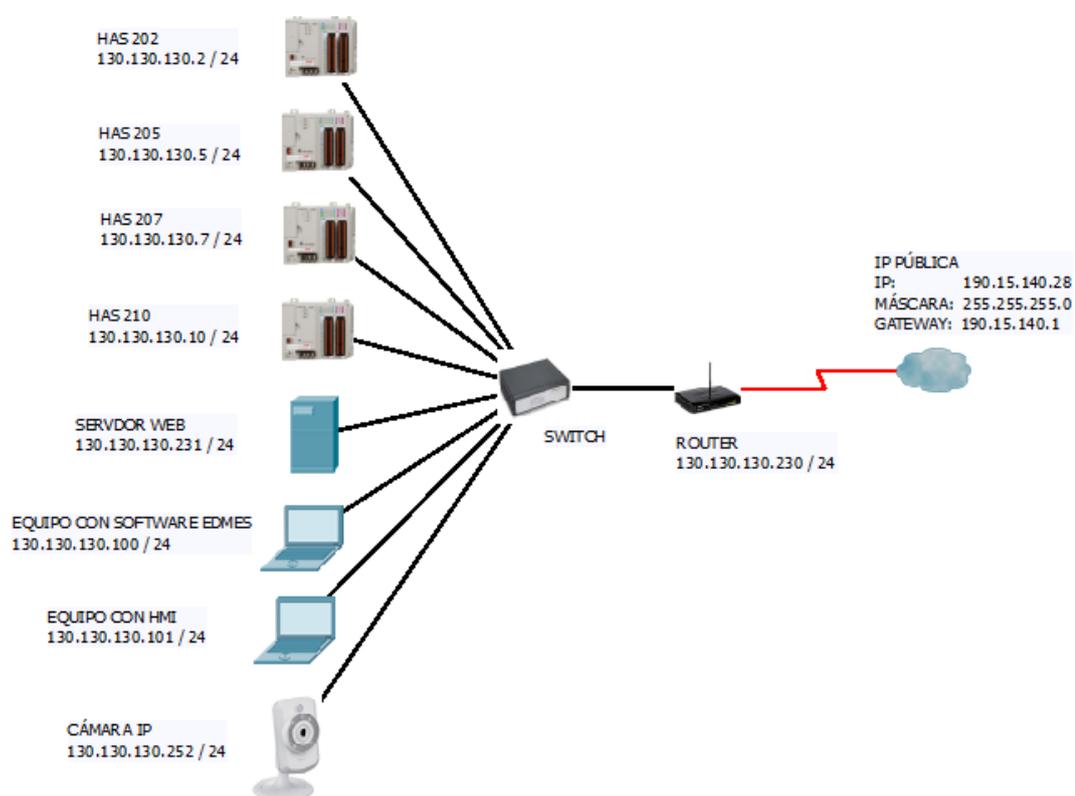


Figura 105. Esquema de la red LAN dentro del Laboratorio

Como se puede observar en la Figura 105 muestra el esquema de la red que se utilizó para la implementación del SCADA junto con el HMI local, se debe tener en cuenta las características de enrutamiento como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2
Direcciones de los dispositivos dentro de la red LAN

DISPOSITIVO	DIRECCIÓN IP	MÁSCARA DE SUBRED
Estación de Producción HAS 202	130.130.130.2	255.255.255.0
Estación de Medición Digital HAS 205	130.130.130.5	255.255.255.0
Estación de Tapado y Etiquetado HAS 207	130.130.130.7	255.255.255.0
Estación de Paletizado HAS 210	130.130.130.10	255.255.255.0
Equipo con software EdMes	130.130.130.100	255.255.255.0
Equipo con HMI	130.130.130.101	255.255.255.0
Router	130.130.130.230	255.255.255.0
Cámara IP	130.130.130.252	255.255.255.0
Servido Web	130.130.130.231	255.255.255.0

Para seguridad del proyecto el Gateway se ha dejado sin dirección ya que ninguno de estos dispositivos tiene la autorización de salir a Internet con excepción del router.

Además se cuenta con una dirección IP pública como se muestra en la Tabla 3 la cual nos dará la facilidad para montar el servidor web y visualizarlo desde cualquier parte del mundo.

Tabla 3
IP Pública

DIRECCIÓN IP PÚBLICA	
Dirección IP	190.15.140.28
Máscara de subred	255.255.255.0
Default Gateway	190.15.140.1
DNS	8.8.8.8

5.3.1. Configuración de los dispositivos dentro de la red LAN

- PCs Locales

Lo primero que se debe hacer es asignar la dirección IP a los equipos con los que se trabajará: el software EdMES(130.130.130.100) y el HMI(130.130.130.101).

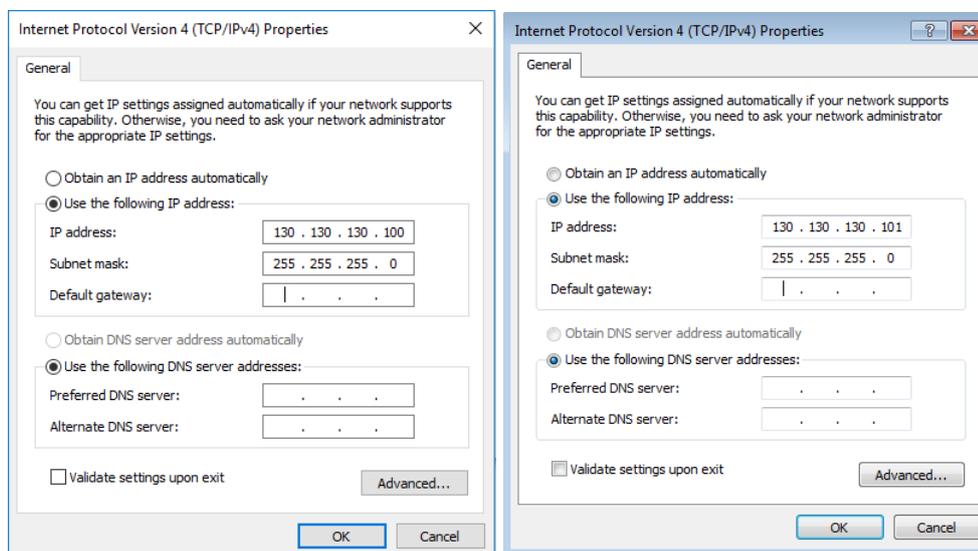


Figura 106. Asignación de direcciones IP para las PC locales

- PLCs

Los PLCs utilizados son de la marca Allen Bradley y para su configuración se usará la herramienta BOOTP-DHCP Server para asignar la dirección IP con la que se trabajará para la comunicación.

Por defecto la empresa SMC ha enviado los equipos con las direcciones mencionadas en la Tabla 2 pero en caso de necesitarse una nueva configuración se debe proceder de la siguiente manera.

Una vez encontrado la dirección MAC se debe proceder a asignar la dirección IP junto con la Máscara de subred como se muestra en Figura 107.

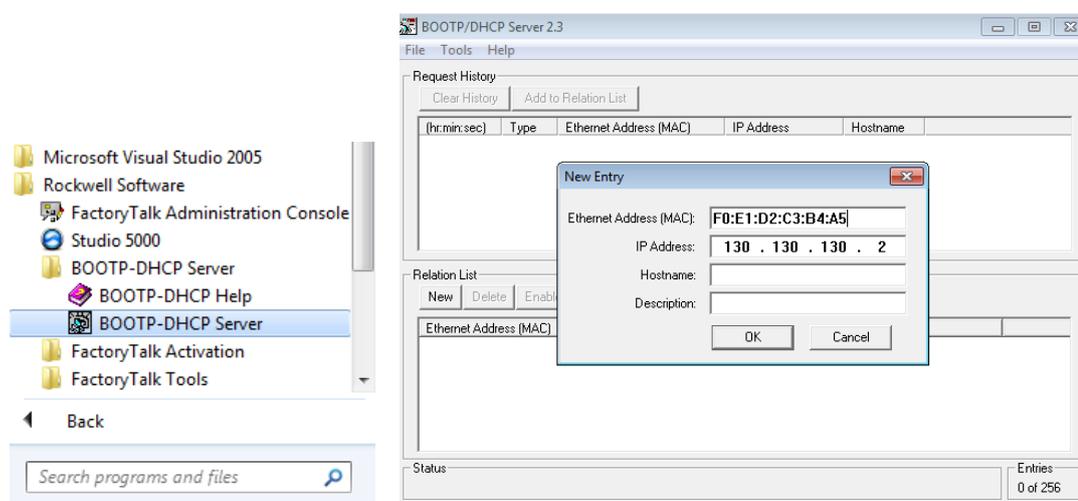


Figura 107. Herramienta BOOTP-DHCP Server

5.3.2. Configuración del Router

Para el presente proyecto de investigación se ha usado un Router marca TRENDNET serie TEW-651BR el cual debe ser configurado con las direcciones descritas en las Tabla 2 y Tabla 3.

En primer lugar se debe asignar una dirección IP al router como se muestra en la Figura 108 para que se encuentre dentro del dominio de los dispositivos y pueda haber una comunicación entre sí.

The screenshot shows the 'Servidor LAN y DHCP' configuration page. The left sidebar contains navigation options: 'Principal' (selected), 'Servidor LAN y DHCP', 'WAN', 'contraseña', 'Hora', 'DNS dinámica', 'Inalámbrico', 'Estado', and 'Ruta'. The main content area is titled 'Servidor LAN y DHCP' and includes an 'Ayuda' button. The configuration table is as follows:

Nombre el servidor	TEW-651BR
dirección IP	130.130.130.230
máscara subred	255.255.255.0
servidor DHCP	<input checked="" type="radio"/> Habilitado <input type="radio"/> Inhabilitado
dirección IP	130.130.130.231
IP terminal	130.130.130.250

Figura 108. Asignación de dirección IP

Luego se debe configurar la dirección IP pública en el router para que se pueda tener salida a Internet como se muestra en la Figura 109.

The screenshot shows the 'WAN' configuration page. The left sidebar contains navigation options: 'Principal', 'Servidor LAN y DHCP', 'WAN' (selected), 'contraseña', 'Hora', 'DNS dinámica', 'Inalámbrico', 'Estado', 'Ruta', 'acceso', 'Gestión', 'Herramientas', and 'Asistente.'. The main content area is titled 'WAN' and includes an 'Ayuda' button. The configuration table is as follows:

tipo de conexión	Cliente DHCP o IP fija ▼
WAN IP	<input type="radio"/> Obtener IP automáticamente <input checked="" type="radio"/> Especificar IP
dirección IP	190.15.140.28
máscara subred	255.255.255.0
Puerta de enlace por defecto	190.15.140.1
DNS 1	8.8.8.8
DNS 2	0.0.0.0
dirección MAC	00 - 14 - D1 - BD - 1D - 4E <input type="button" value="Clonar dirección MAC"/>
	<input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Aplicar"/>

Figura 109. Asignación de IP pública

Una vez configuradas las direcciones IP para la salida a internet y comunicación de dispositivos, se debe administrar los servidores virtuales que posee el router, esta característica permite direccionar las aplicaciones y salidas por los puertos necesarios como indica la Figura 110.

	Nombre	Protocolo:	Servidor LAN
<input type="checkbox"/>	Virtual Server FTP	TCP 21/21	0.0.0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	Virtual Server HTTP	TCP 80/80	130.130.130.231
<input checked="" type="checkbox"/>	Virtual Server HTTPS	TCP 443/443	130.130.130.231
<input type="checkbox"/>	Virtual Server DNS	UDP 53/53	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	Virtual Server SMTP	TCP 25/25	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	Virtual Server POP3	TCP 110/110	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	Virtual Server Telnet	TCP 23/23	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	PPTP	TCP 1723/1723	0.0.0.0
<input type="checkbox"/>	NetMeeting	TCP 1720/1720	0.0.0.0
<input checked="" type="checkbox"/>	Camara	TCP 39/39	130.130.130.252

Figura 110. Servidores Virtuales Router TRENDNET

- Cámara IP

Para la cámara IP se debe asignar la dirección y el puerto por el cual se accede a la información de la misma como se muestra en la Figura 111, se debe tener en cuenta que el puerto debe ser diferente del 80 ya que este se utilizará para el servidor web.

LAN SETTINGS

DHCP Connection
 Static IP Address
 PPPoE

IP Address:
User ID:

Subnet Mask:
Password:

Default Gateway:

Primary DNS:

Secondary DNS:

PORT SETTINGS

HTTP Port:

Figura 111. Configuración de las direcciones y puerto de la cámara IP

Para acceder a la página y comprobar el correcto funcionamiento de la cámara IP se debe ir a la dirección <http://190.15.140.28:39> y se mostrará el video y audio en tiempo real del Laboratorio de Manufactura Integrada por Computador como se muestra en Figura 112.

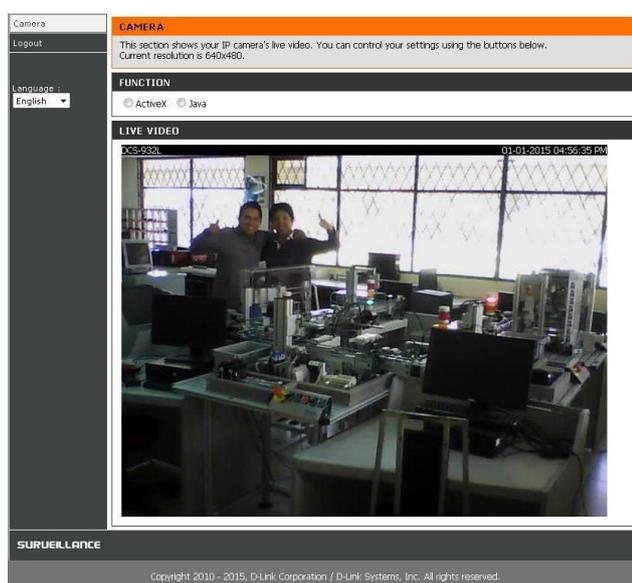


Figura 112. Implementación de la Cámara IP

5.4. Desarrollo del Servidor WEB

Se ha tenido en cuenta ciertas características necesarias para la administración y uso del servidor web, en el Cuadro 18 se puede evidenciar lo descrito anteriormente.

Cuadro 18

Características generales del servidor

Sistema Operativo del Servidor	Windows Server 2012 R2
IP / Máscara	130.130.130.231 / 24
Nombre del Equipo	SERVIDORESPE
Nombre de Usuario	Administrator
Clave del Equipo	Investigacion6142
Herramientas Necesarias	Web Server (IIS) .NET Framework 3.5 .NET Framework 4.5



Figura 113. Instalación Windows Server 2012 R2

Una vez instalado el sistema operativo se debe cambiar el nombre del equipo ya que por default tiene un nombre codificado según la máquina que se dispone y va ser un problema encontrar el servidor en la red en el caso de necesitarse.

Como se puede observar en la Figura 114 el nombre del servidor es SERVIDORESPE y el nombre de usuario es Administrator, se debe tener en cuenta estos dos parámetros para la configuración e instalación del software para el monitoreo web que en este caso será el Wonderware Information Server de la empresa Schneider Electric.

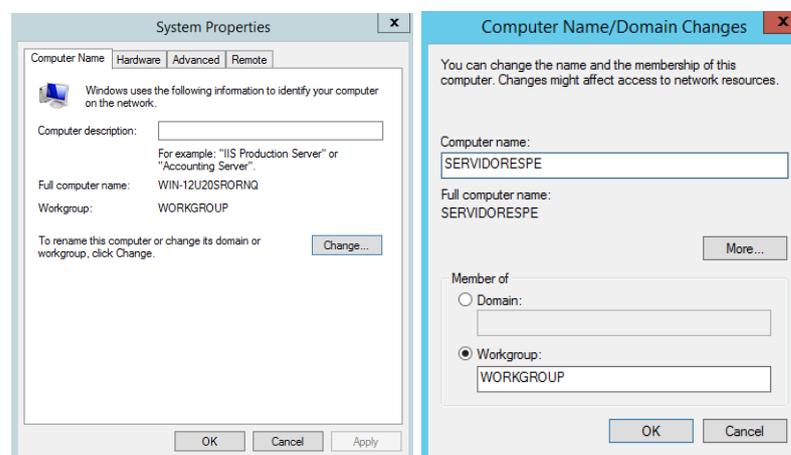


Figura 114. Cambio de nombre del equipo

5.4.1. Instalación Internet Information Services

Se debe agregar el IIS (Internet Information Services) para poder gestionar la página web que tiene dentro del servidor. Se irá al Server Manager y se agrega los roles y características como se muestra en la Figura 115.

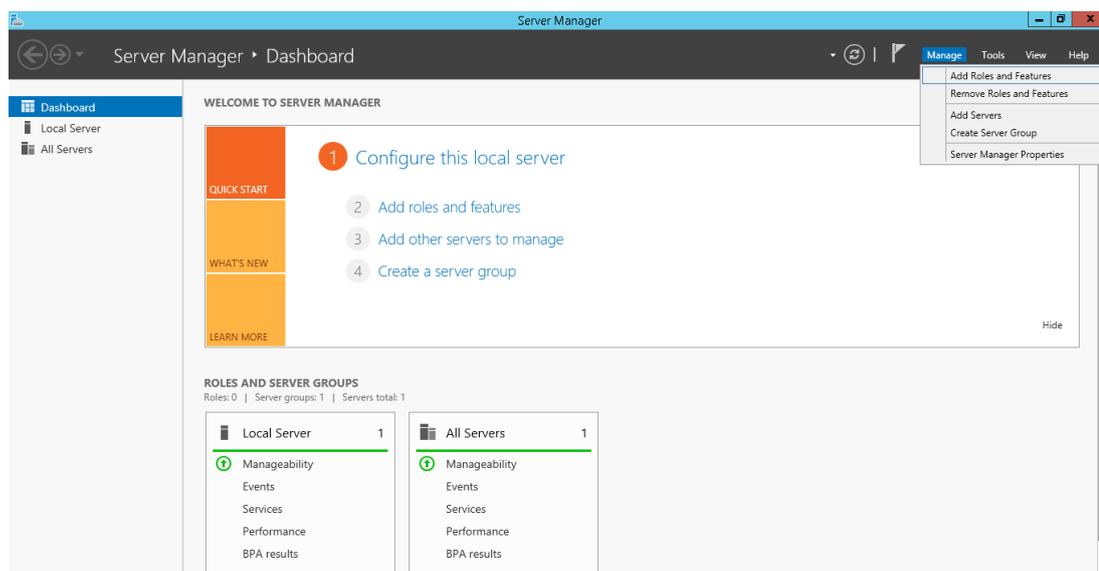


Figura 115. Agregar Roles y Características de Windows Server

Una vez que se da click en agregar roles y características se desplegará un submenú donde se puede escoger los componentes que se necesitan. Para el presente caso de investigación se debe seleccionar las siguientes características y roles:

- Roles
 - Web Server (IIS)
- Características
 - .NET Framework 3.5
 - .NET Framework 4.5

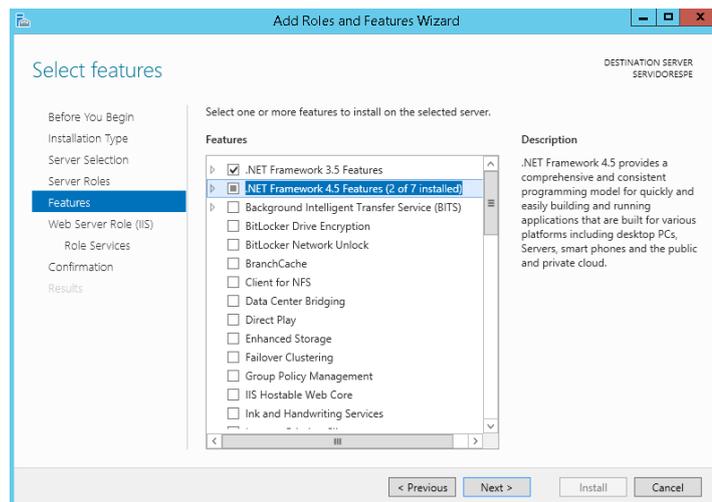
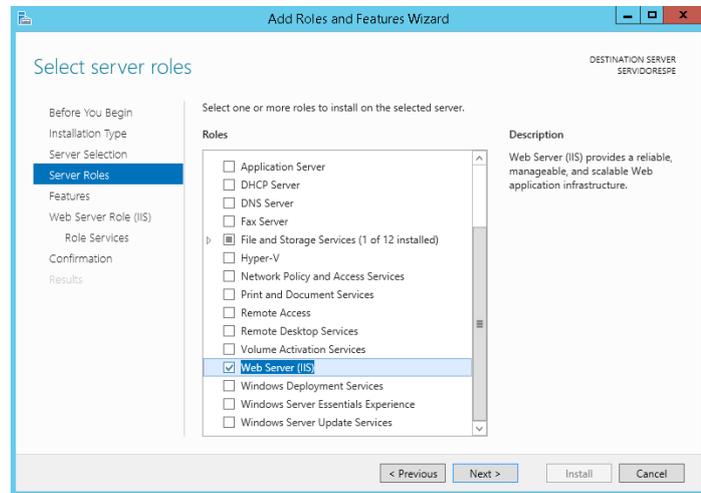


Figura 116. Instalación de Roles y Características de Windows Server

Concluida la instalación se debe probar que el servidor web ha sido levantado correctamente, para este paso se debe ir al explorador y digitar 127.0.0.1 que es la dirección de loopback y se debe mostrar la página creada por default como se muestra en la Figura 117.

De igual manera al haber configurado el router y los servidores virtuales al digitar la dirección 190.15.140.28 desde cualquier explorador en cualquier parte del mundo se debe verificar que la página por default también se abra, esto nos dará la certeza de que el servidor web ha sido levandando correctamente.

Terminado el proceso de levantar el servidor web se pueden crear las aplicaciones necesarias dentro de la herramienta IIS, se debe tener en cuenta las direcciones IP con las que se configurará cada una de ellas ya que puede crear conflicto al momento ejecutar los Servidores Virtuales del router.

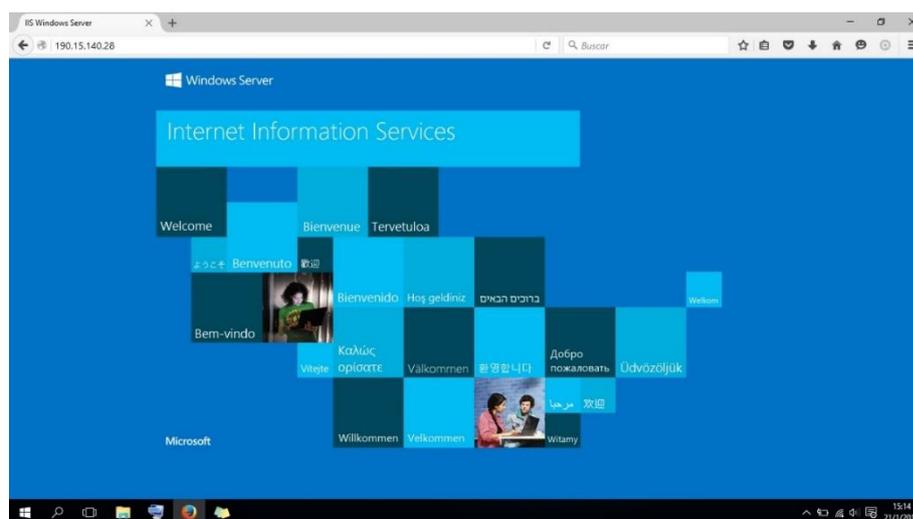


Figura 117. Página creada por IIS

5.5. Implementación del sistema SCADA

Una vez levantado el servidor como se mostró en el apartado 5.4 Desarrollo del Servidor WEB se procede a instalar las herramientas necesarias para el SCADA que son las siguientes:

- SQL Server 2012
- Wonderware System Platform 2014 R2

5.5.1. Instalación SQL Server 2012

Una vez que corra el setup del instalador se debe escoger una instalación nueva como se muestra en la Figura 118. Menú de instalación SQL Server 2012

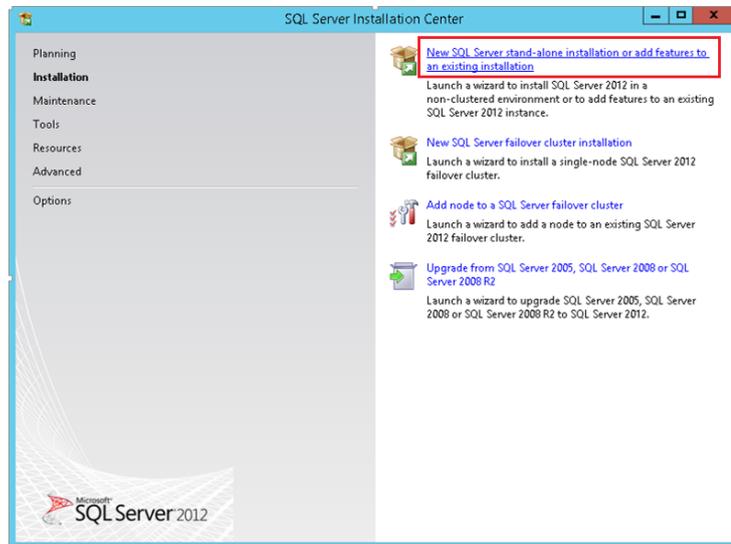


Figura 118. Menú de instalación SQL Server 2012

Luego de aceptar los términos y condiciones que nos presenta el instalador se debe seleccionar las características o aplicaciones que tendrá el SQL, luego de haber probado varias configuraciones se ha optado por hacer una instalación completa de la base de datos como se muestra en la Figura 119.

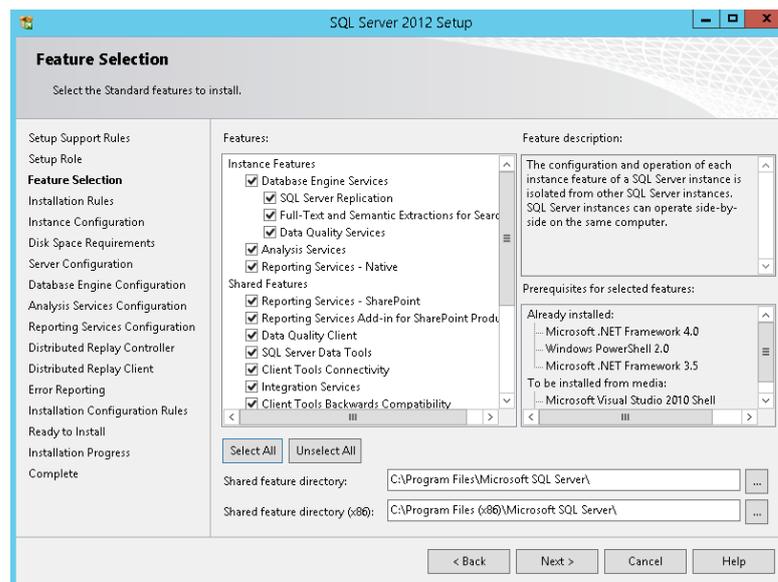


Figura 119. Selección de las características de SQL Server 2012

Una parte muy importante en la instalación es el especificar el tipo de autenticación con la que se accederá a la base de datos como se muestra en la Figura 120, se debe escoger Mixed Mode ya que de esta manera se utilizará la clave del ordenador.

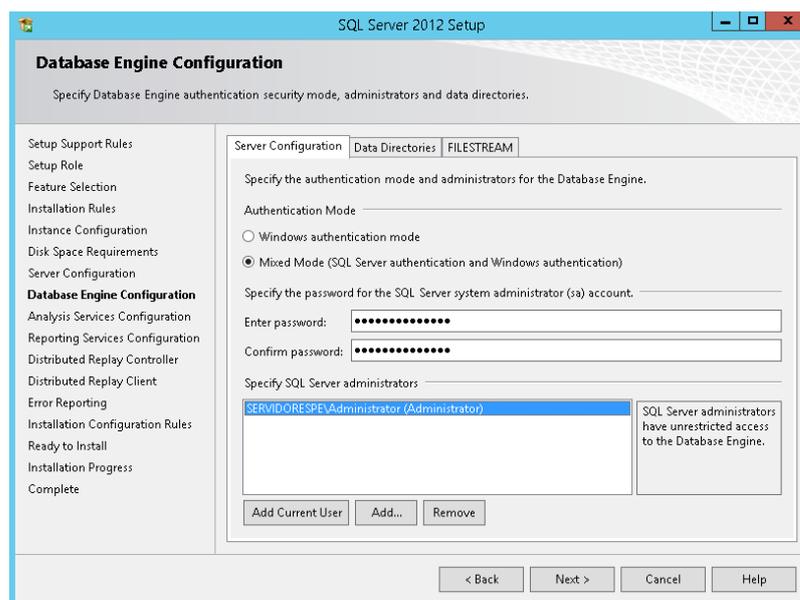


Figura 120. Tipo de autenticación de la instalación

5.5.2. Instalación del Wonderware Information Server 2014 R2

Una vez iniciado el instalador del System Platform 2014 R2 se muestra una ventana como la que se ve en la Figura 121.



Figura 121. Setup Instalación System Platform

Como se observa en la Figura 122 se debe instalar los prerrequisitos necesarios para proseguir con la instalación.

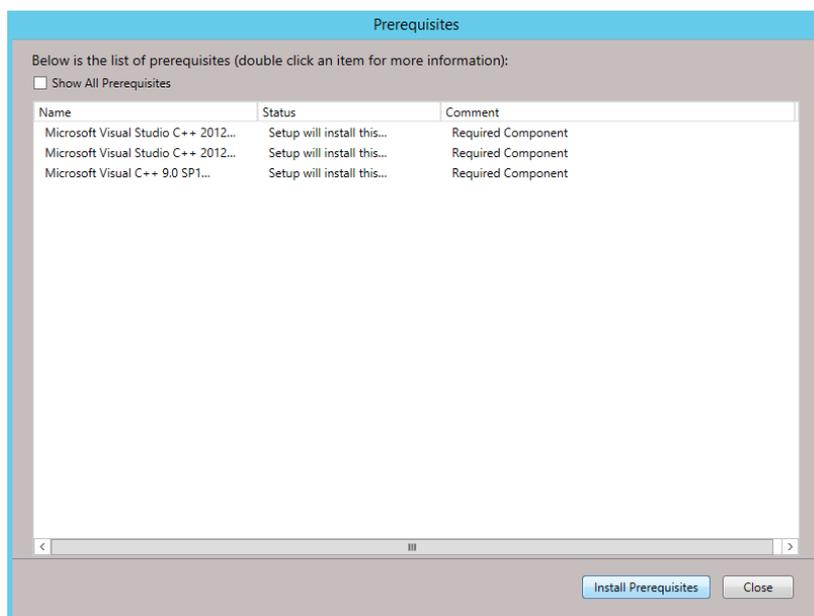


Figura 122. Instalación de prerrequisitos Systema Platform

Se debe seleccionar las aplicaciones que se utilizaran para el presente proyecto las cuales son:

- Intouch
- Application Server
- Information Server

Como se puede observar en la Figura 123 los componentes necesarios se seleccionan de la lista que provee el instalador, se debe tener en cuenta que el para una interfaz sencilla pero altamente sofisticada se hará uso del Graphic Toolbox del Archestra por lo que la instalación del Application Server será indispensable para el desarrollo del monitoreo web.

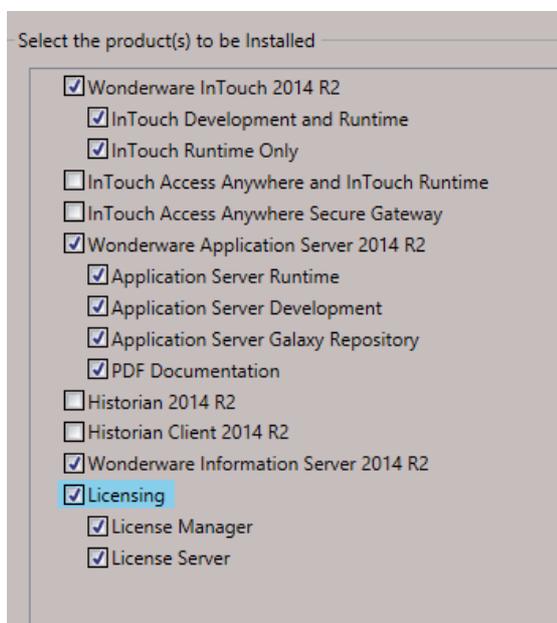


Figura 123. Componentes necesarios para el Servidor

Para una correcta instalación se debe usar el Usuario y Contraseña del ordenador que va a ser usado como servidor y quitar la opción de Create Local Account como se puede observar en la Figura 124.

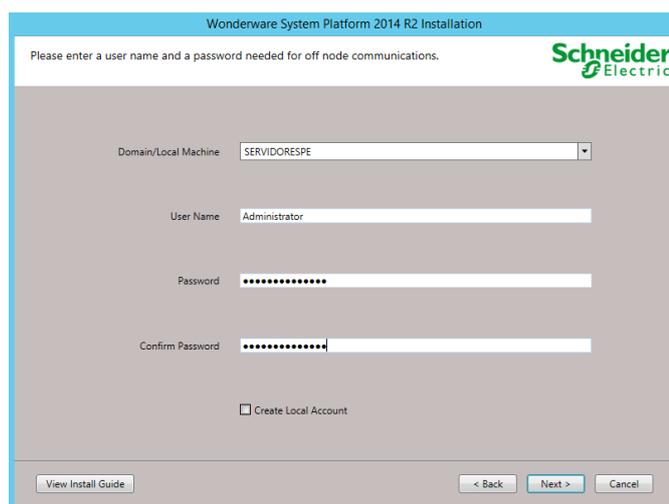


Figura 124. Usuario y Contraseña que utiliza Wonderware

Una vez finalizada la instalación se debe instalar las licencias locales y las del servidor, para ello se va a la herramienta llamada ArchestrA License Manager. Las

licencias locales deben ser copiadas a la dirección de C:\Program Files (x86)\Common Files\ArchestrA\License mientras que la licencia para tener un servidor debe ser instalada con la herramienta de licencias mencionada antes.

Una vez instala las licencias como se observa en la Figura 125 se debe ir a la aplicación Configurator de Wonderware para que realice la creación de la página web para el SCADA.

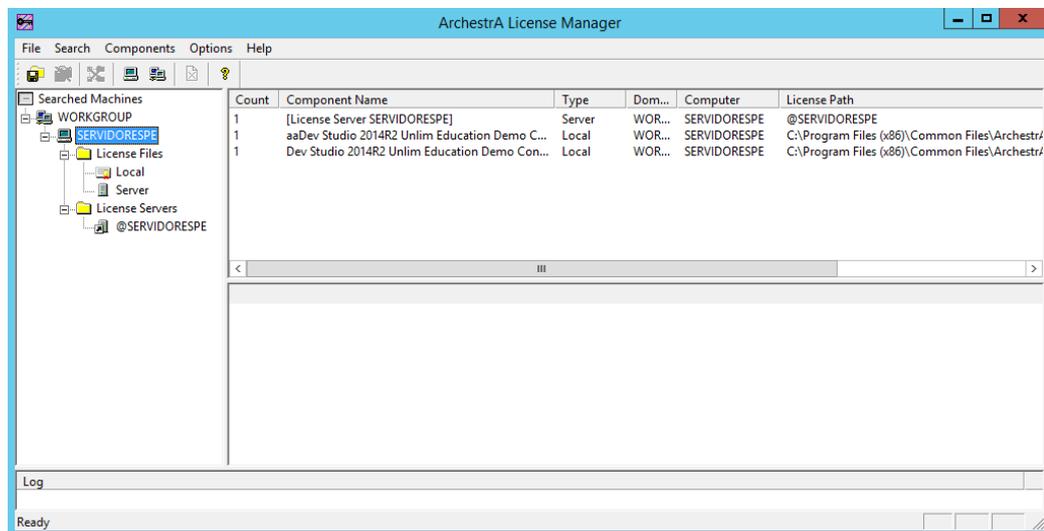


Figura 125. ArchestrA License Manager

Para el Wonderware Information Server como se muestra en la Figura 126 se debe utilizar el password del ordenador y aplicar Configure.

Este proceso demora cierto tiempo dependiendo la velocidad del PC pero no hay que apagarlo y mucho menos realizar otras instalaciones. Una vez configurado se dará un visto verde en la zona de la izquierda.

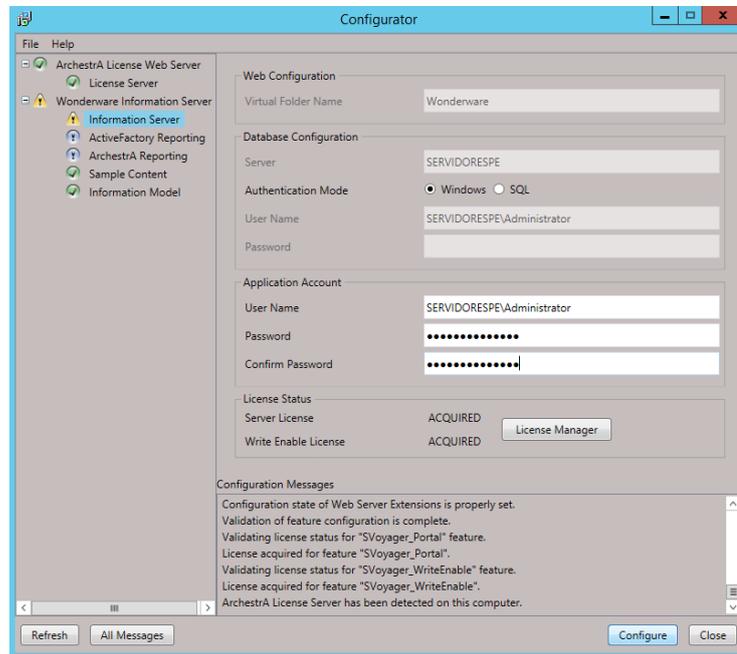


Figura 126. Herramienta Configurator de Wonderware

Para probar la correcta instalación del WIS se debe valer del IIS para abrir la página creada por el Configurator, como se puede ver en la Figura 127 se debe dar click en Browse en la aplicación de Wonderware.

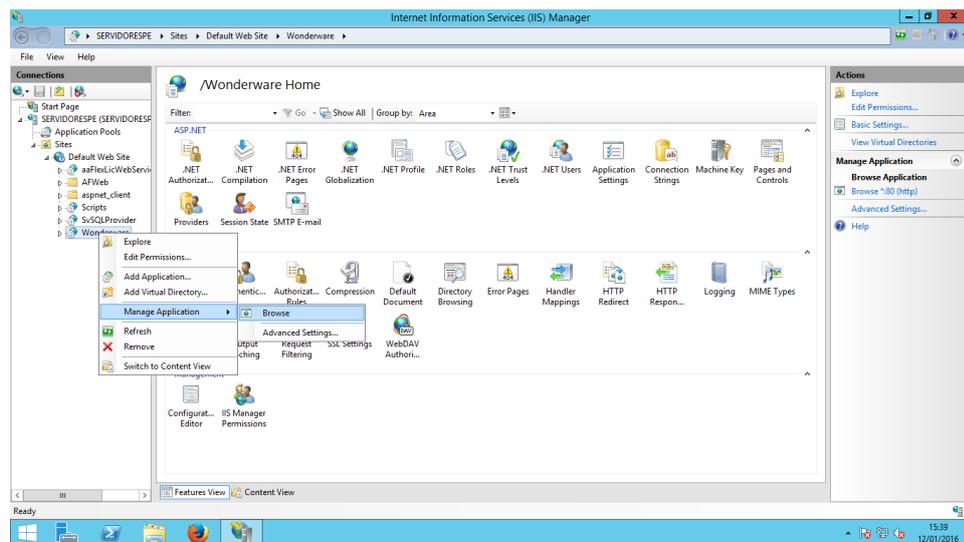


Figura 127. Abriendo la aplicación Web de Wonderware

En la Figura 128 se muestra como queda la correcta instalación del WIS al desplegar la página para poder configurar las diferentes características que posee esta herramienta.

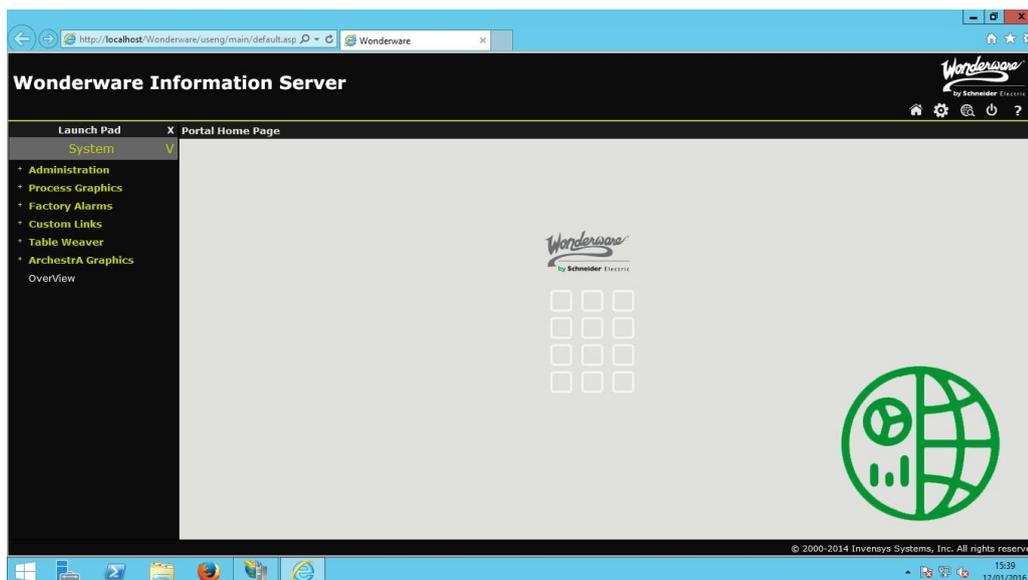


Figura 128. Entorno de desarrollo Wonderware Information Server

5.5.3. Desarrollo de las Pantallas

Para el desarrollo de las pantallas para el SCADA se utilizó la herramienta de InTouch junto con el ArchestrA IDE para un mejor manejo de la aplicación y su posterior publicación.

En la Figura 129 se observa la pantalla para la estación de medición HAS 205 que se desarrolló con el graphic toolbox de ArchestrA, al igual que las pantallas HMI el entorno de ArchestrA nos permite utilizar gadgets sencillos pero altamente sofisticados que ha sido un requisito para el desarrollo del presente tema de investigación.



Figura 129. Desarrollo de las pantallas para el SCADA

Se debe tener en cuenta que mediante el programa RSLinx como servidor OPC se ligará todas variables relevantes del proceso tal y como se lo hizo para las interfaces humano máquina.

Una vez creadas todas las pantallas y probado su correcto funcionamiento se debe publicar la aplicación mediante la herramienta ArchestrA Web Exporter que se encuentra en la barra de herramientas principal de la interfaz ArchestrA IDE como se puede observar en la Figura 130.



Figura 130. Herramienta ArchestrA Web Exporter

Posteriormente se procede a abrir el proyecto que contiene las pantallas para el SCADA y se arrastran las ventanas que se desean utilizar, el ArchestrA Web Exporter automáticamente convierte las ventanas en archivos .xml que será el formato con el cual trabajará el Internet Explorer.

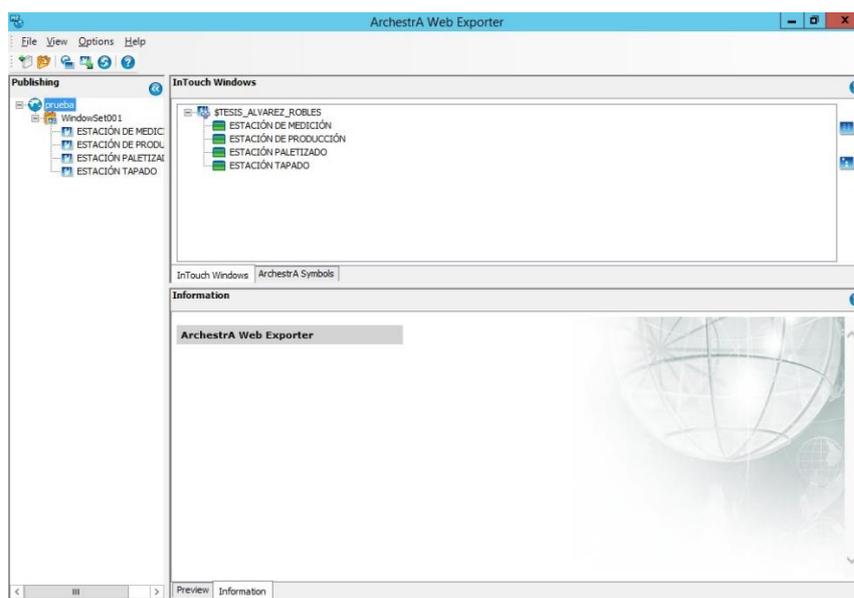


Figura 131. ArchestrA Web Exporter

Al finalizar este proceso nos queda publicar la aplicación para poder visualizarla en el Internet Explorer, para ello se debe dar click derecho en el proyecto y dar en publish como indica la Figura 132, automáticamente se cargarán los archivos .xml de las pantallas para el monitoreo.

Uno de los requerimientos para poder ver los cambios de las variables y estados del sistema es que debe estar corriendo la aplicación en el WindowViewer del InTouch al momento de acceder remotamente al Wonderware Information Server.



Figura 132. Publicación de pantallas

En la Figura 133 se puede evidenciar como se desplegará la página para monitoreo como ejemplo se ha presentado la Estación de Producción HAS 202.



Figura 133. Página Web para Monitoreo Estación de Producción HAS 202

De la misma manera se puede observar las páginas creadas para el monitoreo de la Estación de Medición HAS 205 en Figura 134, para la Estación de Tapado HAS 207 Figura 135 y la Estación de Paletizado HAS 210 en Figura 136.

Para la navegación entre pantallas el Wonderware Information Server nos ofrece un menú desplegable en la izquierda de la interfaz por el cual se podrá acceder a las diferentes interfaces antes mencionadas.



Figura 134. Página Web para Monitoreo Estación de Medición HAS 205



Figura 135. Página Web para Monitoreo Estación de Tapado HAS 207



Figura 136. Página Web para Monitoreo Estación de Paletizado HAS 210

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El presente proyecto de investigación ha llegado a su objetivo principal, demostrando las características necesarias para diseñar e implementar un HMI centrado en el usuario, utilizando normas internacionales como la ISA SP 101, además de desarrollar un sistema remoto SCADA que se ha trabajado conjuntamente con el software EdMES del sistema HAS-200.

El uso de la norma ISA SP 101 ha sido de importante impacto para establecer la operatividad del sistema y a través del uso de la misma se pudo realizar una correcta caracterización del usuario. Se demostró que las directrices que menciona la norma para el diseño e implementación de interfaces humano máquina, cumplen con las características requeridas de alta usabilidad.

El proceso de caracterización del usuario es una de las partes más importantes dentro de la estandarización del sistema, como se pudo evidenciar en la Filosofía del HMI ya que es importante dejar claro los fundamentos técnicos del usuario, las capacidades cognitivas y las tareas que realizará al utilizar la interfaz, tomando en cuenta lo mencionado anteriormente facilitó el escoger los componentes que integran la misma.

La plataforma Wonderware Development Studio en su versión actual System Platform 2014 R2 han sido las escogidas para realizar el presente trabajo de investigación, gracias a sus herramientas de desarrollo, monitoreo y comunicación de datos a nivel industrial, fue posible diseñar e implementar un sistema de monitoreo remoto sencillo y altamente sofisticado.

Ocupando la herramienta Wonderware Information Server fue posible desarrollar el monitoreo web para el sistema HAS-200, sin embargo disponer de esta herramienta liga al uso del navegador Internet Explorer, ya que es el programa que tiene mejor compatibilidad para las aplicaciones desarrolladas con extensión .asp

Debido a la compatibilidad del navegador Internet Explorer con la herramienta Wonderware Information Server no se puede navegar en dispositivo móviles a menos que se tenga embebido el Windows RT o Windows 10 Mobile en la tablet o teléfono inteligente que acceda al SCADA.

6.2. Recomendaciones

La norma ISA SP 101 actualmente se encuentra en fase de desarrollo, es necesario hacer un seguimiento de la misma para adquirirla completa en un futuro, ya que no existe información tan exacta y de gran categoría como la que se menciona en los borradores de la misma.

Plataformas de desarrollo de interfaz humano máquina como System Platform de Wonderware son consideradas a nivel mundial de gran calidad y seguridad, es importante gestionar la actualización de las licencias que posee el laboratorio para seguir realizando futuros trabajos de investigación.

Antes de hacer uso del interfaz humano máquina desarrollada para el laboratorio de Manufactura Integrada por Computador, se debe leer el manual de usuario desarrollado para la misma, ya que contiene información importante en cuanto a los requisitos previos para el hardware y manejo de software EdMES.

Para un mejor beneficio de la gestión de datos e información del sistema HAS-200 se debe adquirir las 12 estaciones de trabajo para aprovechar al máximo la capacidad que el mismo posee, de la misma manera es de gran importancia adquirir un pack de desarrollo para sistemas MES bien sea de la marca comercial Schneider, Allen Bradley o cualquier otro.

BIBLIOGRAFÍA

29241-3-A1, U.-E. (2000). *Norma Europea EN 29241-3: 1993-A1*. Madrid: Biblioteca del Ceapat.

AUTODESK. (Jueves de Diciembre de 2015). *Características de Inventor*. Obtenido de <http://www.autodesk.com/products/inventor/features/all>

Business, E. (Lunes de Diciembre de 2015). *Principales características de los sectores de producción industrial*. Obtenido de <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2014/07/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla.htm>

Elektronika, L. (Martes de Diciembre de 2015). *HMI EN 3D*. Obtenido de http://larraioz.com/noticias_web/index.php/tag/control-de-procesos-64-bits/

Hughes, W. J. (1996). *The Human Factors Design Guide*. Atlantic City International Airport, NJ: Technical Center.

INDUSTRY, D. (Lunes de Noviembre de 2015). *Software de Visualización*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/wonderware/product-12380-1625428.html>

Instruments, N. (Lunes de Enero de 2016). Obtenido de Diseño de Sistemas SCADA para Monitoreo de : ftp://ftp.ni.com/pub/branches/latam/nidays_2006/Diseno%20de%20Sistemas%20SCADA%20para%20Monitoreo%20de%20Procesos.pdf

Invensys. (Viernes de Noviembre de 2015). *Wonderware System Platform*. Obtenido de <http://www.wonderware.es/archestra-system-platform/>

ISA. (2012). *HMI Lifecycle*.

ISA. (Martes de Noviembre de 2015). *International Society of Automation*. Obtenido de <https://www.isa.org/>

ISA. (Viernes de Octubre de 2015). *ISA101, Human-Machine Interfaces*. Obtenido de <https://www.isa.org/isa101/>

ITER. (2015). *HMI Style Guide and Toolkit*.

Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution System - MES*. Baden-Wurtemberg: MPDV Mikrolab GmbH.

ORG, M. (2012). *ISA 101 and HMI Workshop*. Wood Group Mustang.

Pere, A. (2008). *DISEÑO DE PANTALLA*. Barcelona.

PROGEA. (Miércoles de Octubre de 2013). Obtenido de <http://testweb.progea.com/en-us/products/scadahmimovicon11/vectorialgraphics.aspx>

Rescalvo, F. (2009). *Concepción y Diseño*.

Salsidua., R. G. (Lunes de Octubre de 2015). *SMC International Training*. Obtenido de <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/172>

SMC. (2015). *DESCRIPCIÓN TÉCNICA*. Victoria.

TRAINING, S. I. (Jueves de Octubre de 2015). Obtenido de HAS-200 - Galería de imágenes: <http://www.smctraining.com/webpage/indexpage/174>

Wonderware. (2007). *Wonderware InTouch 10.0*.

Wonderware. (2013). *InTouch HMI and ArchestrA Integration Guide*. Lake Forest, CA 92630 U.S.A.

Wonderware, I. (Viernes de Diciembre de 2015). *Wonderware InTouch HMI*.

Obtenido de <http://www.iamgroup.com.my/index.php/intouch-hmi/>