


**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES E INFORMÁTICOS**

TEMA:

---

# SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO.

---

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Ingeniero en Sistemas Computacionales e Informáticos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Desarrollo de Software

AUTOR: Pazmiño Garcés Ricardo José
TUTOR: Ing. Urvina Renato Mg.

Ambato - Ecuador
Agosto, 2017

**CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema:

"SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO", del señor Pazmiño Garcés Ricardo José, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales e Informáticos, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato

Ambato, agosto de 2017

Ing. Klever Renato Urvina Barrionuevo Mg.

EL TUTOR

## AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente trabajo de investigación titulado: "SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO". Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto de 2017

Ricardo José Pazmiño Garcés

CC: 1804355111

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Hernando Buenaño Mg e Ing. Carlos Núñez Mg., revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado "SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO", presentado por el señor Ricardo José Pazmiño Garcés de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Pilar Urrutia Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

| | |
|---|---|
| Ing. Hernando Buenaño Mg. | Ing. Carlos Núñez Mg. |
| DOCENTE CALIFICADOR | DOCENTE CALIFICADOR |

# DEDICATORIA

El presente trabajo quiero dedicar al Creador de los cielos y la tierra, así como también a dos seres muy importantes como son mis padres Marcelo Pazmiño Ibarra y Rosario Garcés Guerrero que han sido son y serán el pilar fundamental en mi convivir diario, para hoy cristalizar una de las metas que me he fijado para ser el orgullo y ejemplo familiar y de la sociedad en general.

Del mismo modo entrego el presente; con mucho aprecio, respeto y admiración a mi familia, amigos y compañeros ya que ellos de una u otra manera me incentivaron con sus sabios consejos para seguir por el camino del bien y hacer realidad uno de los mas caros anhelos.

A todos Dios le pague de corazón.

Pazmiño Garcés Ricardo José

# AGRADECIMIENTO

Mi gratitud a Dios por derramar las más ricas bendiciones que me fueron otorgadas para culminar con éxito mi carrera. A mi querida familia por los valores inculcados, a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato y sus docentes por compartir sus conocimientos que enrumbaron al progreso personal y laboral.

A mi tutor de tesis el Ing. Renato Urvina, quien con su destreza ha sabido otorgarme el asesoramiento oportuno. A los respetables miembros del Tribunal de Grado por su aval brindado aportando al desarrollo y culminación del presente proyecto.

Para finalizar agradezco a quien lee este apartado y más de mi tesis, por permitir a mis investigaciones y conocimientos incurrir dentro de su repertorio de información intelectual.

Pazmiño Garcés Ricardo José

# ÍNDICE

**APROBACIÓN DEL TUTOR** ii

**AUTORÍA** iii

**APROBACIÓN COMISIÓN CALIFICADORA** iv

**Dedicatoria** v

**Agradecimiento** vi

**Introducción** xiv

**CAPÍTULO 1 El problema** 1

1.1 Tema de Investigación . . . . . 1
1.2 Planteamiento del problema . . . . . 1
1.3 Delimitación . . . . . 2
1.4 Justificación . . . . . 2
1.5 Objetivos . . . . . 3
1.5.1 General . . . . . 3
1.5.2 Específicos . . . . . 3

**CAPÍTULO 2 Marco Teórico** 4

2.1 Antecedentes Investigativos . . . . . 4
2.2 Fundamentación teórica . . . . . 5
2.2.1 Lean Manufacturing . . . . . 5
2.2.1.1 Lean Manufacturing aplicado al Desarrollo de Software . . . . . 5
2.2.2 Andon . . . . . 6
2.2.2.1 Importancia de contar con un sistema de control visual Andon . . . . . 8
2.2.2.2 Beneficios al aplicar una herramienta Andon . . . 8
2.2.3 Producción de calzado . . . . . 9

2.2.4 Metodología en Cascada . . . . . 9
2.2.5 Ventajas de la metodología en cascada . . . . . 10
2.2.6 Desarrollo de aplicaciones para móviles . . . . . 11
2.2.6.1 Fundamentos del diseño móvil . . . . . 12
2.2.6.2 Estándar para el diseño móvil . . . . . 12
2.2.7 Desarrollo Web . . . . . 13
2.2.8 Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI) . . . . . 13
2.3 Propuesta de Solución . . . . . 14

**CAPÍTULO 3 Metodología** **15**
3.1 Modalidad Básica de la investigación . . . . . 15
3.2 Población y muestra . . . . . 15
3.3 Recolección de información . . . . . 15
3.4 Procesamiento y análisis de datos . . . . . 15
3.5 Desarrollo del Proyecto . . . . . 16

**CAPÍTULO 4 Desarrollo de la propuesta** **17**
4.1 Análisis de requisitos . . . . . 17
4.1.1 Definición de conceptos del sistema de control visual Andon 17
4.1.2 Estudio de la adaptación del sistema Andon en entornos de producción de calzado . . . . . 18
4.1.3 Análisis de los requerimientos del software . . . . . 23
4.2 Diseño . . . . . 23
4.2.1 Diseño de los procesos para el control de alertas tempranas 23
4.2.1.1 Requerimientos funcionales del sistema . . . . . 23
4.2.1.2 Algoritmo Proceso para el control de alertas tempranas . . . . . 23
4.2.1.3 Casos de Uso . . . . . 24
4.2.1.4 Diagrama de Actividades . . . . . 27
4.2.1.5 Diagrama de Secuencias . . . . . 27
4.2.1.6 Diseño de Base de Datos . . . . . 29
4.2.2 Diseño de Interfaces . . . . . 34
4.2.2.1 Aplicación Móvil . . . . . 34
4.2.2.2 Aplicación Web . . . . . 37
4.3 Desarrollo . . . . . 40
4.3.1 Codificación de la aplicación móvil/web . . . . . 41
4.3.1.1 Configuración del Servidor . . . . . 43
4.4 Pruebas . . . . . 48

4.4.1 Pruebas de caja negra y blanca . . . . . 48
4.4.1.1 Prueba de caja blanca . . . . . 48
4.4.1.2 Prueba de caja negra . . . . . 58
4.4.2 Pruebas de funcionamiento Sistema Móvil . . . . . 60
4.4.3 Pruebas de funcionamiento Sistema web . . . . . 61
4.5 Integración . . . . . 68
4.5.1 Integrar los resultados de la aplicación de alertas tempranas al proyecto "Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado". . . . . 68

**CAPÍTULO 5 Conclusiones y Recomendaciones** **70**
5.1 Conclusiones . . . . . 70
5.2 Recomendaciones . . . . . 71

**Bibliografia** **72**

**ANEXOS** **77**

## ÍNDICE DE TABLAS


1 Adaptabilidad Andon. . . . . 21
2 Caso de uso funcionalidad sistema móvil. . . . . 25
3 Caso de uso funcionalidad sistema web. . . . . 26
4 Diccionario de datos. . . . . 31
5 Descripción Tabla Alertas. . . . . 31
6 Descripción Tabla Dispositivos. . . . . 32
7 Descripción Tabla Estados Alertas. . . . . 32
8 Descripción Tabla Procesos Alertas. . . . . 32
9 Descripción Tabla Gráficas. . . . . 32
10 Descripción Tabla Temp Login. . . . . 33
11 Funcionalidad del sistema de control Andon. . . . . 33
12 Rango de valores para eficiencia. . . . . 43
13 Criterios de cobertura sistema web. . . . . 54
14 Criterios de cobertura sistema móvil. . . . . 57
15 Criterios de identificación clases de equivalencia. . . . . 58
16 Clases de equivalencia sistema web. . . . . 59
17 Casos de prueba sistema web. . . . . 59
18 Clases de equivalencia sistema móvil. . . . . 60
19 Casos de prueba sistema móvil. . . . . 60
20 Orden de producción distribuida por proceso a. . . . . 64
21 Orden de producción distribuida por proceso b. . . . . 65
22 Tiempo de respuesta sin la aplicación del sistema de control Andon. 65
23 Tiempo de respuesta con la aplicación del sistema de control Andon. 66
24 Comparación tiempos improductivos. . . . . 66
25 Pares no producidos sin la aplicación del sistema de control Andon. 67
26 Pares no producidos con la aplicación del sistema de control Andon. 68
27 Requerimientos funcionales. . . . . 81

## ÍNDICE DE FIGURAS


1 Representación de un sistema Andon en funcionamiento. . . . . 8
2 Proceso de Producción de calzado. . . . . 9
3 Representación de la metodología en cascada. . . . . 10

4 Troquel calzado. . . . . 19
5 Aparado calzado. . . . . 19
6 Montaje calzado. . . . . 20
7 Algoritmo Proceso para el control de alertas tempranas. . . . . 24
8 Diagrama de caso de uso funcionalidad sistema móvil. . . . . 25
9 Diagrama de caso de uso funcionalidad sistema web. . . . . 26
10 Diagrama de actividades. . . . . 27
11 Diagrama de secuencia sistema móvil. . . . . 28
12 Diagrama de secuencia sistema web. . . . . 28
13 Diagrama Entidad Relación. . . . . 30
14 Prototipo inicio de sesión sistema móvil. . . . . 34
15 Prototipo monitoreo de producción y gestor de alertas sistema móvil. 35
16 Prototipo cambio de producción sistema móvil. . . . . 36
17 Prototipo producción no planificada sistema móvil. . . . . 36
18 Prototipo agregar nuevo dispositivo sistema móvil. . . . . 37
19 Prototipo selección de proceso a monitorear sistema web. . . . . 38
20 Prototipo Monitoreo en tiempo real sistema web. . . . . 39
21 Prototipo reportes sistema web. . . . . 40
22 Esquema general Sistema de Monitoreo y Gestor de Alertas Andon. 41
23 Calculo Eficiencia Teórica . . . . . 42
24 Calculo Eficiencia Real . . . . . 43
25 Roles y entidades. . . . . 44
26 Servidor destino IIS. . . . . 44
27 Roles Servidor. . . . . 45
28 Características .Net. . . . . 45
29 Componentes IIS. . . . . 46
30 Activando IIS a. . . . . 46

31 Activando IIS b. . . . . 47
32 Internet Information Services. . . . . 47
33 IIS Aplicaciones. . . . . 48
34 Camino Básico Sistema Web a. . . . . 51
35 Camino Básico Sistema Web b. . . . . 52
36 Grafo de Flujo Sistema Web. . . . . 53
37 Camino Básico Sistema Móvil a. . . . . 55
38 Camino Básico Sistema Móvil b. . . . . 56
39 Grafo de Flujo Sistema Móvil. . . . . 56
40 Interfaz Principal Sistema Móvil. . . . . 61
41 Selección de Proceso Sistema Web. . . . . 61
42 Interfaz Principal Sistema Web. . . . . 62
43 Sistema Móvil. . . . . 63
44 Sistema Web. . . . . 63
45 Gráfica tiempos improductivos. . . . . 67
46 Arquitectura requerida. . . . . 80
47 Manual Usuario Login. . . . . 84
48 Manual Usuario Monitoreo. . . . . 85
49 Manual Usuario Cambio de Orden. . . . . 87
50 Manual Usuario Producción No Planificada. . . . . 88
51 Manual Usuario Nuevo Dispositivo. . . . . 89
52 Manual Usuario Selección Procesos. . . . . 90
53 Manual Usuario Monitoreo Web. . . . . 91
54 Manual Usuario Reportes. . . . . 93
55 Certificado UODIDE. . . . . 96

**Resumen Ejecutivo**

Mantener un control continuo de producción dentro del entorno industrial es de suma importancia para cumplir los estándares de calidad de los procesos que se llevan a cabo [1]; al mismo tiempo que se obtiene información continua y precisa de los mismos para el control y corrección de posibles eventualidades.
En el transcurso del proceso de manufactura se presentan interrupciones imprevistas en la producción, las cuales se originan por diferentes motivos relacionados con la maquinaria, el personal o incumplimiento de la calidad en el producto final. Las líneas de producción se detienen de manera automática, lo cual pone al Sistema de producción en estado de emergencia [2].
Al generarse una interrupción durante un proceso en la producción, el tiempo que conlleva detectar el problema y tomar medidas correctivas para solucionarlo es sumamente excesivo, generando retrasos e impidiendo el cumplimiento efectivo de las ordenes de producción programadas.
Se implementa un sistema de control visual Andon para monitorear los procesos de producción dentro de las industrias manufactureras, el cual permita la obtención de información de los procesos que se llevan a cabo.

**Abstract**

Maintaining continuous production control within the industrial environment is of paramount importance to meet the quality standards of the processes being carried out [1]; At the same time, as continuous and accurate information is obtained for the control and correction of possible eventualities.
During the manufacturing process, there are unforeseen interruptions in production, which arise from different motives related to machinery, personnel or breach of quality in the final product. The production lines stop automatically, which puts the Production System in a state of emergency [2].
When an interruption is generated during a production process, the time taken to detect the problem and take remedial action to solve it is extremely excessive, causing delays and preventing the effective fulfillment of the scheduled production orders.
An Andon visual control system is implemented to monitor the production processes within the manufacturing industries, which allows the obtaining of information of the processes that are carried out.

## INTRODUCCIÓN

La actitud que se toma en las empresas con relación a los procesos es determinista, es decir siempre hay un mejor método para hacer una tarea. Esto implica que todo proceso puede ser optimizado pero para ello es necesario realizar un análisis exhaustivo donde se determinen los diferentes problemas o puntos negativos sobre el mismo que deberán ser corregidos. Para lo cual se plantea el proyecto de investigación denominado "SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO"; dividido en los siguientes capítulos:

**Capítulo I:** se plantea el problema de investigación sobre la baja productividad en las industrias manufactureras de calzado con su respectiva justificación y objetivos a cumplir a lo largo del proyecto dando solución al problema.

**Capitulo II:** se manifiestan los antecedentes investigativos referentes al sistema de control Andon y procesos de producción de calzado respaldados con una fundamentación teórica, aportando al planteamiento de una propuesta para dar solución al problema.

**Capitulo III:** se presentan los diferentes tipos de modalidades de investigación a desarrollarse, especificando el método de recolección de información para el desarrollo del presente proyecto, por último se presenta un listado de las diferentes actividades necesarias para cumplir con los objetivos planteados.

**Capitulo IV:** se presenta el desarrollo de la propuesta llevando a cabo las actividades detalladas en el capitulo anterior.

**Capítulo V:** se establecen las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el transcurso del desarrollo del proyecto.

# CAPÍTULO 1

## El problema

### 1.1. Tema de Investigación

Sistema informático para control y monitoreo basado en el sistema de control Andon para mejorar el desempeño de procesos y control de recursos en la manufactura de calzado de cuero.

### 1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad la competitividad a nivel mundial, exige a las diferentes industrias productoras efectuar cambios para así cristalizar sus objetivos: Mejorar la calidad del producto, optimizar cada uno de sus recursos personales, materiales, tecnológicos; con la finalidad de mantener una mejora continua en las empresas y obtener la mejor rentabilidad económica.

Las industrias hacen uso de la herramienta Andon para el control y monitoreo de la producción con el objetivo de verificar su cumplimiento con todos los estándares de calidad establecidos, agilitando la corrección de inconvenientes y así apegarse al tiempo planificado.

La tecnología informática dentro de los procesos de la Industrias en Ecuador es bastante escasa lo cual ha traído graves consecuencias con respecto al desarrollo y no ha permitido avanzar de una manera óptima en el mercado competitivo a nivel mundial. Ecuador se encuentra en una notoria desventaja con los demás países, generando un gigantesco abismo entre este y los demás países, como Estados Unidos; este abismo basado en la desventaja, y sobre todo en la dependencia de estos, ya que ellos poseen la tecnología que el país carece [3].

La industria manufacturera de calzado enfrenta serios problemas como el alto costo de las materias primas, falta de mano de obra calificada y la competencia desleal de quienes no cumplen las normas laborales o por el ingreso de zapatos de contrabando de Perú o Colombia y que luego se etiquetan como hechos en Ecuador. En este contexto hoy en día apenas el 5 % de la oferta de los productores tiene los estándares para competir fuera del país [4].

En la industria de calzado en Tungurahua existe una baja productividad por diferentes circunstancias, una de ellas es la falta de un seguimiento al proceso

laboral, tanto personal como de la maquinaria, tardándose en detectar cualquier anomalía en la producción y por ende se necesita mayor tiempo en tomar medidas correctivas; aumentando potencialmente el presupuesto designado para dicha actividad y generando pérdidas económicas.
Durante el proceso de fabricación del calzado se detectan paras en la producción las mismas que son causadas por diferentes motivos, los cuales pueden ser: averías en las maquinarias, falta de materia prima, contratiempos con el personal, falta de calidad en producto terminado; afectando el tiempo estimado que se da a una tarea determinada al momento de compensar los problemas encontrados durante el proceso de producción. Dando como consecuencia retrasos en los pedidos realizados a las industrias de calzado.

## 1.3. Delimitación

- Área Académica: Software.
- Línea de Investigación: Desarrollo de Software.
- Sublínea de investigación: Aplicaciones Web, Aplicaciones para dispositivos móviles.
- Delimitación espacial: Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.
- Delimitación temporal: La presente investigación se desarrolló a partir del 16 de diciembre de 2016 hasta el 22 de agosto de 2017.

## 1.4. Justificación

La importancia de la presente investigación radica en implementar un sistema para la optimización operacional en la producción de calzado de cuero en las industrias manufactureras de Tungurahua.
El proyecto de investigación tratado aporta de manera significativa ya que puesto en práctica; se logrará incrementar los recursos informáticos en beneficio del sector productivo.
La inclusión de la tecnología móvil en procesos de producción mejora su eficiencia, además permite mantener una posición competitiva en el mercado[5].
El proyecto propicia a optimizar los sistemas de producción, minimizando los residuos y desperfectos al fin de la producción, estas mejoras logísticas

proporcionarán una mejor organización del espacio físico requerido para el trabajo [6].
Durante el proceso comercial abarcara más carga de trabajo gracias a la disminución en plazos de ejecución de la producción, asegurando la disponibilidad efectiva del producto en el mercado.
Los beneficiarios directos del proyecto serán los productores de calzado (propietarios o accionistas de la empresa), así como también los clientes quienes recibiendo la producción al momento, tiempo y lugar que lo precisen, así también los proveedores y el aparato productivo nacional.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. General

Desarrollar un software informático para control y monitoreo basado en el sistema de control Andon para optimizar el desempeño de procesos y control de recursos en la manufactura de calzado de cuero.

### 1.5.2. Específicos

- Analizar el sistema de control visual Andon y su adaptabilidad a los entornos de producción de calzado.
- Diseñar los procesos para el control de alertas en el entorno de producción de calzado basado en Andon.
- Desarrollar la aplicación basado en el sistema de alertas Andon.
- Integrar los resultados de esta investigación al proyecto optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado.

# CAPÍTULO 2

## Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes Investigativos

Realizando un estudio sobre los sistemas ANDON existentes en el mercado global enfocados a la elaboración de productos se encontraron los siguientes:
Martín Martínez en 2012, en el proyecto "Sistema Andon" propone generar alertas que se activen automáticamente al momento de encontrar un problema o fallo en el proceso de ensamble de unidades aceptadores de monedas, concluyendo que se puede determinar el motivo por el cual se dan los diferentes problemas [7].
Gabriel Rodríguez y José Cárdenas en 2014, con el proyecto "Sistema de adquisición de datos para la gestión de producción" se enfocan en generar reportes de las alertas tanto sonoras como visuales dependiendo la actividad que se esté realizando en dicho momento como disponibilidad, smed, calidad, movimiento de materiales, concluyendo que el personal encargado acude inmediatamente para comenzar con la solución de los fallos presentados [8].
Iván Rivadeneira y Cristian Ligña en 2012, con su proyecto "Diseño e implementación de un sistema automatizado de ayuda inmediata en el proceso de manufactura en la planta de arneses de mundy home cia. ltda" diseñan un sistema microprocesado de ayuda inmediata en los procesos de manufactura, que se encargan de tomar las señales generadas en cada puesto de trabajo, los cuales están provistos de un módulo con 4 pulsadores manuales indicando que se tiene un problema con respecto a materiales, mantenimiento, calidad o producción, concluyendo con la disminución de las correcciones tardías de los posibles problemas [9].
Rafael Díaz en 2010, con su proyecto "Diseño de una estrategia de productividad para el área de operaciones de una industria farmacéutica mexicana" implementó un sistema para optimización de la producción en el área de operaciones de una empresa dedicada a la elaboración de productos farmacéuticos el cual permita distinguir y enfocar los recursos necesarios en el desarrollo de áreas de oportunidad, basándose en la filosofía llamada kaizen facilitando la administración de recursos [10].
Pamela Quintana en 2010, con el proyecto "Propuesta para la implementación

de un sistema de producción, basado en técnicas de lean manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma" enfatiza el uso de herramientas lean manufacturing para la mejora del proceso de fabricación y confección de colchones en los procesos de producción de espuma de poliuretano concluyendo que Lean Manufacturing aporta al control de inventario, la comunicación y la nivelación de producción, ademas de resolver problemas en la producción y servicios [11].
Después de una búsqueda en las tesis realizadas en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato no se encontraron investigaciones que tengan relación con el tema a estudio.

## 2.2. Fundamentación teórica

### 2.2.1. Lean Manufacturing

Lean manufacturing, también conocida como una filosofía de gestión empresarial introducida en la industria manufacturera, la cual se enfoca en mejorar la productividad de la misma [12], reduciendo los costos de producción y así minimizando los tiempos de fabricación [13]. Demostrando que dicha filosofía aporta a las Industrias con el factor costo – tiempo [1] [14]. Lean manufacturing puede ser adaptado exitosamente tanto en el ámbito industrial como en el Desarrollo de software.

#### 2.2.1.1. Lean Manufacturing aplicado al Desarrollo de Software

La aplicación de esta filosofía al Desarrollo de Software fue dada por Tom y Mary Poppendieck en su libro [15], el cual explica la conexión de Lean Manufacturing en las metodologías para el desarrollo de Software. Las metodologías se enfocan en el desarrollo de software y la gestión del mismo, mientras que Lean se aplica a diversos ámbitos como la producción dentro de empresas, validando la práctica de Lean en las metodologías de desarrollo. Además, hace referencia a 7 principios Lean los cuales son [16]:

**Eliminar el desperdicio.**

En cuanto a desperdicios se refiere a lo que no agregue valor directamente para la satisfacción de las necesidades del cliente.

**Calidad integrada.**

Las gestiones correctivas han de ejecutarse lo más pronto posible a la detección de una anormalidad, además de poseer planes preventivos evitando dichas anormalidades.

**Crear conocimiento.**

Dentro de los procesos la adquisición de nuevo conocimiento es vital ya que a medida del tiempo los procesos tienden a evolucionar.

**Decida lo más tarde posible.**

Por la incertidumbre que se da al momento de tomar decisiones, se sugiere evitar decisiones apresuradas ya que no se posee la cantidad necesarias de información para la toma de las mismas.

**Entregue lo más rápido posible.**

Tomadas las decisiones se procede a ejecutarlas lo más pronto posible ya que los clientes pueden obtener lo que necesitan en ese momento mas no lo que necesitaban tiempo atrás.

**Respetar a las personas.**

Fomentar respeto y consideración hacia el personal además de capacitar al mismo para así poder auto organizarse en sus diversas tareas.

**Visión Global.**

Evitar enfocarse en mejorar el rendimiento de un proceso especifico en lugar de centrarse en el sistema global.
En este contexto hay que tomar en cuenta que Andon es un elemento de la filosofía Lean Manufacturing.

### 2.2.2. Andon

La palabra Andon es de origen japonés, su significado es lámpara la cual viene relacionado con el control visual. Viene de la mano con la filosofía Lean Manufacturing con el propósito de presentar de una forma fácil de comprender el estado de un sistema de producción, alertando al personal mediante luces y sonidos cuando aparece un problema o un fallo en el sistema [17].

Algo que se debe recalcar de este tipo de control visual es que esta herramienta se enfoca en la medición de los procesos y no la del personal, permitiendo identificar el desempeño en cada proceso y así poder solucionar los posibles problemas encontrados.
Existen varias prácticas de control visual entre las cuales las más usadas son:

**a) Alarmas:**

Las alarmas generalmente son usadas para alertar al personal. Dependiendo del número o la intensidad del sonido emitido por la alarma se puede dar a conocer diversos eventos de seguridad ya sean leves o graves para la empresa [17].

**b) Lámparas de colores (torretas):**

Las torretas son situadas comúnmente en puntos estratégicos para poder tener un control de la producción, dándonos a conocer el estado en el que se encuentra ya que este tipo de lámparas poseen diferentes tipos de luces asignándoles un color dependiendo de si se está operando con normalidad o se ha encontrado un problema en el proceso [17].

**c) Tableros de información:**

Los tableros de información son usados para dar un seguimiento continuo al proceso de producción dándonos información de las unidades terminadas y por consiguiente saber cuál es el porcentaje de productividad dependiendo de la meta que se ha establecido [17].

**c) Tablero de resultados:**

Esta herramienta es utilizada para evidenciar los resultados de los procesos, de las líneas y de los objetivos de la organización. Como lo muestra la Figura 1 esta herramienta nos presenta información de gran importancia ya que al analizar el tablero de resultados tendrá conocimiento del estado actual de los procesos [17].

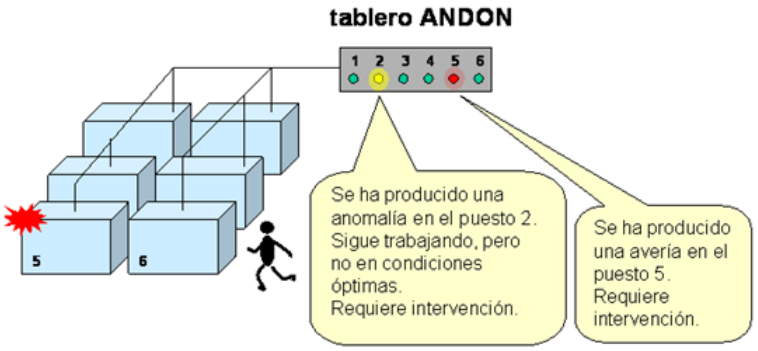



Figura 1: Representación de un sistema Andon en funcionamiento.
Fuente: Leanroots [18]

#### 2.2.2.1. Importancia de contar con un sistema de control visual Andon

El período de tiempo que toma identificar un problema es esencial al momento de encontrar el origen del mismo ya que el tiempo deshace las causas, generando dificultad al momento de dar solución al problema.
En la producción convencional no se guarda un registro de las causas específicas de los inconvenientes producidos inculpando a los trabajadores por la mayoría de los problemas, mientras que al poseer un sistema Andon ayudará al responsable de la producción dar con el origen del problema evitando inconvenientes con el personal. Activar una alerta en el Sistema Andon ofrece al personal la oportunidad de manifestar un fallo con su respectiva causa al momento del hecho.

#### 2.2.2.2. Beneficios al aplicar una herramienta Andon

- Seguimiento por proceso a las ordenes en producción en inventario.
- Evidencia los problemas encontrados en tiempo real.
- Minimiza el tiempo en supervisar la producción, aumentando el tiempo para dar solución a fallos.
- Evita la corrección tardía de anormalidades en la producción.
- Acorta los tiempos de inactividad.
- Reportes con la información actual.
- Tablero de desempeño que muestra el rendimiento de trabajo por cada proceso.

- Motiva a los empleados de planta a lograr y exceder las metas a través de la información visual en tiempo real.

Andon plantea una participación, directa e indirecta por parte del personal o del cliente en el proceso. Generalmente se corrigen rápidamente los problemas encontrados gracias a las quejas o menciones de dichos problemas, pero estas correcciones se las realizan al finalizar el proceso cuando el producto se encuentra en el mercado, mientras que al tener en funcionamiento el sistema de control visual Andon se pueden dar solución inmediata al mismo momento de que se están ejecutando dichos procesos.

### 2.2.3. Producción de calzado

La industria del calzado tiene un gran progreso en sus productos gracias a su diseño y especialización como se muestra en la Figura 2. La industria manufacturera se encuentra sumida en la mejora de procesos los cuales cada vez son más avanzados y así obteniendo como resultado una mejor distribución de los recursos. En las provincias de Tungurahua, Azuay, Pichincha y Guayas se presenta un excelente desarrollo en sus industrias productoras [19].
La producción de calzado va de la mano con la calidad, comprendiendo varios factores con la finalidad de obtener un producto competitivo. Al considerar que un zapato es de buena calidad se está afirmando que el mismo es cómodo, tiene un modelo novedoso y ofrece la relación calidad-precio para los consumidores [20].



Figura 2: Proceso de Producción de calzado.
Fuente: Pro Ecuador [21]

### 2.2.4. Metodología en Cascada

Esta metodología es uno de los más básicos y ha servido como ejemplo para el desarrollo de los otros paradigmas del ciclo de vida. Este se basa en el lapso convencional de una ingeniería, su visión es muy clara: al desarrollar un software

mediante una seria de fases secuenciales. Cada fase tiene metas ya establecidas, las cuales cuentan con actividades con una contribución al cumplimiento de dichas metas en cada una de las fases [22].

### 2.2.5. Ventajas de la metodología en cascada

- Gestiona el proyecto para su entrega a tiempo.
- Proporciona una gestión y planificación sencilla a los proyectos.
- Para poder continuar con el ciclo de las fases del paradigma se debe cumplir con los objetivos de una anterior.
- Cada fase genera resultados específicos.

El paradigma cuenta con 6 fases como se muestra en la Figura 3:

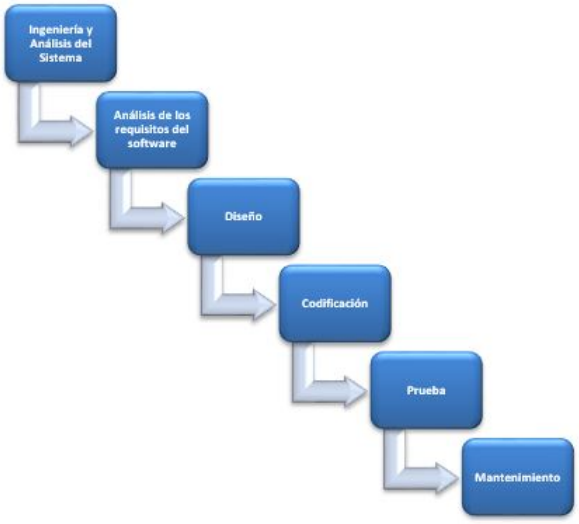



Figura 3: Representación de la metodología en cascada.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### Ingeniería y Análisis del Sistema

El software forma parte de un sistema complejo que se encuentra dentro de una organización, en esta fase se obtiene todos los requisitos o elementos que serán necesarios para el completo funcionamiento al momento del desarrollo del sistema software [22].

#### Análisis de los requisitos del software

El ingeniero de software o el encargado de desarrollar un sistema debe comprender la información del software obtenida, así como la funciones o procesos que debe cumplir, la buena distribución de los recursos para así tener un excelente rendimiento [22].

#### Diseño

El diseño convierte los requisitos en una representación ya sea gráfica o estructural del software con calidad antes de que comience la codificación. Al momento de diseñar un software se debe enfocar en varios atributos; la organización de los datos, los detalles de los procesos, la arquitectura del software y una interfaz óptima [22].

#### Codificación

El diseño debe transformarse en una forma legible para la máquina. Si el diseño generado se encuentra bien detallado, al comenzar la codificación o al desarrollar el software, este se puede realizarse mecánicamente [22].

#### Prueba

Una vez obtenido el código o software comienza las pruebas del sistema. Las pruebas se centran en la lógica de programación y las funciones externas del software, realizando dichas pruebas se puede asegurar que las entradas definidas devuelven los resultados requeridos [22].

#### Mantenimiento

El mantenimiento realizado al software se da por motivo de errores, cambios del medio o requiriendo ampliaciones funcionales o del rendimiento [22].

### 2.2.6. Desarrollo de aplicaciones para móviles

El uso de smartphones o teléfonos inteligentes crece a ritmo acelerado por la facilidad que los mismos ofrecen, como es su portabilidad, costo, personalización y facilidad de uso. Por dicho motivo el desarrollo de aplicaciones para móviles se encuentra en auge por lo cual las empresas tienden a incrementar la inversión en desarrollar apps móviles.

Las aplicaciones móviles pueden ser necesarias para ampliar el mercado, como una nueva forma de comercialización de productos o servicios, pero también puede servir como complemento para los procesos que son necesarios para la producción de algún producto o servicio. El desarrollo de aplicaciones móviles puede aplicarse las empresas, siempre y cuando se tenga su meta clara [23].

#### 2.2.6.1. Fundamentos del diseño móvil

Algo que se debe tener en cuenta son los diferentes fundamentos para un buen diseño de interfaz para móviles, los cuales son:

**Tamaño de pantalla y proporciones**

Diseñar una interfaz para un pc de escritorio es muy distinto que para un móvil ya que el espacio en pantalla es muy reducido, esto difiere según el dispositivo [24]. La interacción directa con la pantalla En un entorno de escritorio, los usuarios interaccionan a través de un ratón y un teclado, mientras que en un dispositivo móvil se lo hace directamente con su pantalla [24].

**Orientación variable**

Los dispositivos móviles poseen sensores que permiten cambiar de una forma instantánea su orientación [24].

**Interacción limitada**

Las acciones permitidas deben ser obvias e intuitivas para a su vez el usuario tenga la capacidad de interpretar los posibles errores [24].

#### 2.2.6.2. Estándar para el diseño móvil

El uso de patrones y estándares ya establecidos es lo más recomendable en cuanto a consistencia de la interfaz de usuario, si no se eligen las normas se debe tener en cuenta que es por razones que beneficien a la aplicación [24].

**Recursos limitados**

Los dispositivos móviles tienen diferentes limitaciones que se deben tomar en cuenta a la hora de desarrollar una aplicación para la misma, como la duración de la batería, la velocidad del procesamiento de información, su almacenamiento [24].

Además, se debe definir una correcta Arquitectura de la Información (AI) para organizar los contenidos de la aplicación y que permita al usuario la facilidad de su uso [24].

- Definir todas las tareas de los usuarios.
- Priorizar el contenido más relevante.
- Definir lo más apropiado para el entorno donde se encuentra el usuario.
- Generar retroalimentación visual, mostrando un feedback visual al momento de realizar una acción.

### 2.2.7. Desarrollo Web

Existen mejoras tecnológicas en el campo de las telecomunicaciones gracias a las aplicaciones web que se encuentran imponiendo cada día con mayor fuerza. En la actualidad se puede obtener aplicaciones web con una capacidad similar superior a las aplicaciones de escritorio, gracias a la ampliación de la potencia de los servicios y bases de datos [25].
La manera en que se relacionan los consumidores con las compañías y sus marcas han sufrido cambios a lo largo de los últimos años, debido a la admisión de internet y la velocidad con la que avanza la tecnología [26].

### 2.2.8. Diseño de Interfaces Hombre - Máquina (HMI)

La HMI es la forma en el que seres humanos y computadores se comunican, transfiriendo mutuamente tanto información como órdenes y datos. Por otro lado, la interfaz es también un limitante para la comunicación ya que aquello que no sea posible expresar a través de ella permanecerá excluido de dicha relación hombre - máquina [27].
Existen tres modelos mentales en una HMI:

#### Modelo del usuario

El usuario tiene su perspectiva propia del sistema, esperando que su comportamiento sea de una manera, que se puede obtener estudiando al usuario mediante entrevistas, o a través de una realimentación [27].

#### Modelo del programador

Es la estructura manipulable por parte del programador como es la base de datos, clases u otros elementos que deben ser escondidos del usuario final [27].

### Modelo del diseñador

El diseñador adapta las necesidades y deseos del usuario con los materiales que dispone el programador para diseñar un producto de software [27].

## 2.3. Propuesta de Solución

En este proyecto se plantea el desarrollo de una aplicación basada en Andon para obtener una mejora continua en los diversos procesos que conlleva la producción de calzado.

# CAPÍTULO 3

## Metodología

### 3.1. Modalidad Básica de la investigación

El presente trabajo tiene las siguientes modalidades de investigación:
La modalidad de campo debido a que para la obtención de la información necesaria se acude directamente a la empresa.
La modalidad aplicada se realizará al aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria.
La modalidad bibliográfica o documentada se realizará mediante el uso de fuentes como libros, artículos y bibliotecas virtuales, los mismos que brindarán un aporte vital al tema de la investigación.

### 3.2. Población y muestra

La presente investigación por su característica no requiere población y muestra.

### 3.3. Recolección de información

Para la recolección de información se utilizará la técnica de investigación documental de tipo informativa, obteniendo información relevante de diferentes fuentes confiables, analizando y seleccionando la información con mayor relevancia la cual servirá de apoyo para el desarrollo de este trabajo.

### 3.4. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento y análisis de los datos se realizará las siguientes actividades:

- Recolección de datos mediante investigación documental.
- Análisis de la información obtenida.
- Tabulación de la información recogida.
- Interpretación de los resultados mediante gráficos y cuadros informativos.

### 3.5. Desarrollo del Proyecto

1. Análisis de requisitos
   - Definición de conceptos del sistema de control visual Andon.
   - Estudio de la adaptación del sistema Andon en entornos de producción.
   - Análisis de los requerimientos del software.
2. Diseño.
   - Diseño de los procesos para el control de alertas tempranas.
   - Diseño de Base de Datos.
   - Diseño de Interfaces.
3. Desarrollo.
   - Codificación de la aplicación móvil/web.
4. Pruebas.
   - Pruebas de caja negra y blanca.
   - Pruebas de funcionamiento Sistema Móvil.
   - Pruebas de funcionamiento Sistema Web.
5. Integración
   - Integrar los resultados de la aplicación de alertas tempranas al proyecto "Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado".

# CAPÍTULO 4

## Desarrollo de la propuesta

### 4.1. Análisis de requisitos

En la presente etapa se realiza una investigación con la finalidad de obtener los requisitos para que el sistema cumpla con la funcionalidad respectiva.

#### 4.1.1. Definición de conceptos del sistema de control visual Andon

El Sistema de control visual Andon generalmente es usado en la industria manufacturera. Dicha herramienta está destinada a supervisar los procesos de producción, mostrando el estado actual del mismo y evidenciando las diversas anormalidades encontradas [15] [16] emitiendo notificaciones o alertas en tiempo real sobre dichos sucesos anormales en la producción [28]. Con ello las industrias están en la posibilidad de gestionar de manera rápida y eficaz las interrupciones generadas, con lo cual se optimizan recursos y se acortan los tiempos de inactividad [29].
El termino Andon se suscitó por Sakichi Toyoda el cual diseño un telar con sensores de error que se detiene automáticamente al detectar un corte en el hilo, encendiendo una lámpara o una alerta para al personal, y así poder dar una solución al problema. En la actualidad este concepto es esencial para controlar la calidad de producción en Toyota [30].
Una alerta Andon es emitida por diversos motivos, los principales son la falta de material, defecto creado por parte de la maquinaria, incumplimiento de la calidad en el producto final o la aparición de un fallo de seguridad.
Se pueden dar dos tipos de paras en la producción:

**Paro de posición fija:**

- Tras su activación, la línea de producción se detiene en la posición que se encuentre.
    - Alertas tanto visuales como auditivas encendidas en la línea de producción y en el tablero principal, esperando solución.
    - Solucionado el problema las alertas se apagan y continua la producción.

**Paro de línea en movimiento:**

- Se frecuenta el uso de cuerdas en las líneas de producción.
    - Andon se enciende y apaga halando las cuerdas instaladas.

### 4.1.2. Estudio de la adaptación del sistema Andon en entornos de producción de calzado

La fabricación de calzado conlleva seguir ciertos pasos o procesos secuenciales para convertir materia prima en un producto elaborado (calzado).

#### Principales procesos para la fabricación de calzado

Dentro de los principales procesos se encuentran los siguientes:

- Troquelado
- Aparado
- Montaje

Uno de los procesos mas importantes dentro de la fabricación de calzado es el troquelado.

#### Troquelado

Durante el proceso de troquelado se corta un material específico mediante un troquel de acero afilado, el cual da forma al mismo.
Un troquel permite realizar cortes a diferentes tipos de materiales con gran precisión aumentando la velocidad y mejorando la calidad de los acabados como se muestra en la Figura 4.
Dentro del sector calzado existe gran variedad de troqueles para cortar cada pieza dentro de la estructura del calzado.

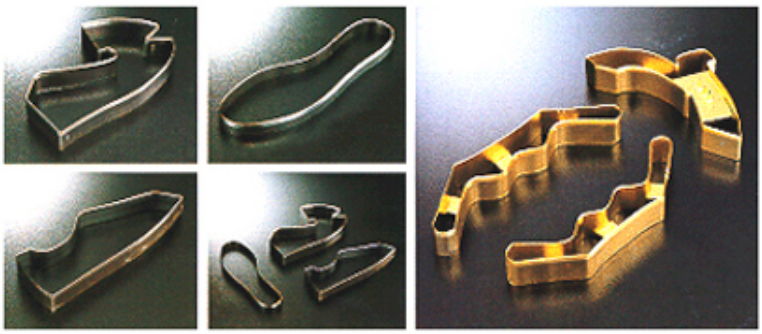


Figura 4: Troquel calzado.
Fuente: Cibagar [31]

### Aparado

El aparado consiste en la tarea de unir los cortes o piezas obtenidos en el proceso de troquelado como se muestra en la Figura 5. Se conoce a dicha tarea como ensamble del calzado.



Figura 5: Aparado calzado.
Fuente: La Nueva [32]

### Montaje

En el montaje se procede a preparar el corte y ajustarlo a una horma dando forma de un zapato como se muestra en la Figura 6.



Figura 6: Montaje calzado.
Fuente: CEFIRE [33]

### Sistema de control visual Andon en entornos de producción de calzado

El sistema de control Andon puede ser adaptado a diferentes tipos de entornos industriales pero para llevarlo a cabo se debe tener en cuenta los prerrequisitos de la herramienta.

### Prerrequisitos de la herramienta

Se debe tomar en cuenta los siguientes prerrequisitos para la implantación del sistema Andon:

- Producción iterativa.
- Producción por lotes.

Las industrias manufactureras de calzado presentan procesos repetitivos en la fabricación de calzado, ya que para cumplir cada orden de producción se ejecutan los mismos procesos.
El ciclo de trabajo se basa en un método de producción por lotes, es decir se aplica la separación de operaciones para la culminación del producto final.
Los procesos para la fabricación de calzado dentro del entorno industrial cumplen con los prerrequisitos para la implementación de la herramienta como muestra la Tabla 1, por lo tanto su adaptación es totalmente fiable.

Tabla 1: Adaptabilidad Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Procesos | Prerrequisitos Andon | |
|---|---|---|
| | Producción Iterativa | Producción por Lotes |
| Troquelado | Si | Si |
| Aparado | Si | Si |
| Montaje | Si | Si |

### Adaptación del sistema de control Andon

Para adaptar el sistema de control visual Andon en entornos de producción de calzado se deben pasar por varias fases las cuales son necesarias para un correcto funcionamiento del mismo, así obteniendo beneficios para las industrias.

### Capacitar al personal

- El personal que interactúa dentro de la producción deberá conocer el objetivo general de la herramienta, conceptos básicos y su funcionamiento.
- Se realiza un simulacro dentro de la producción habitual con el objetivo de identificar anomalías en la misma y dar solución a dichos inconvenientes mediante el Andon.

### Alcance de la herramienta

Se definen los principales procesos que conllevan a fabricar calzado:

- Troquelado
- Aparado
- Montaje

Determinando cuál de ellos produce una demora al proceso productivo

- Aparado ya que se presentan diferencias para adaptarse a los diversos modelos.

Se hace énfasis en el punto critico o al proceso que presenta una demora al proceso productivo, pero puede ser aplicable a cada uno de los procesos.

### Identificar situaciones anormales

Definir los defectos y anormalidades que se ha presentado previo a la aplicación de la Herramienta

- Baja calidad en los productos.
- Fallos en cuanto a maquinarias.
- Materiales con defectos.
- Demora presentada al dar mantenimiento.

Andon tiene como objetivo lograr un pronto reconocimiento y detección de los mismos

### Código de colores

Al identificar las posibles anormalidades en el proceso productivo es indispensable determinar un código de colores para cada una de ellas con el fin de optimizar los tiempos de respuesta del reconocimiento de dichas anormalidades.
De lo contrario no se conseguirá una eficiencia del tiempo requerido y posiblemente se presenciará paros en la producción de dicho proceso.

- Producción
  - Código de color: Amarillo
- Calidad
  - Código de color: Azul
- Materiales
  - Código de color: Verde
- Mantenimiento
  - Código de color: Rojo

Luego de haber seleccionado los procesos críticos con sus respectivos códigos de colores se procede a la implementación de la herramienta para realizar las respectivas pruebas piloto, las cuales tienes como objetivo medir los tiempos de respuesta frente a situaciones anormales dentro de una jornada laboral

### 4.1.3. Análisis de los requerimientos del software

Para que el sistema Andon alcance resultados óptimos se debe tener en cuenta diversos requerimientos:

- En cuanto al personal se necesita un líder tanto del equipo como de la producción los cuales estarán a cargo de la gestión de la herramienta.
- El personal del proceso productivo debe constar con roles específicos.
- Capacitar al personal ya que mismos manipularan la herramienta
- Definir estándares de calidad dentro de la producción, facilitando al personal la detección de problemas en la producción.
- Contar con un plan para la gestión de riesgos.
- Ética laboral entre el personal.
- Incentivar el mejoramiento continuo.

Se recopilaron los diferentes requerimientos para el desarrollo del software informático planteado, los cuales se encuentran detallados en el documento de especificación de requerimientos, presentado en el Anexo A.

## 4.2. Diseño

### 4.2.1. Diseño de los procesos para el control de alertas tempranas

#### 4.2.1.1. Requerimientos funcionales del sistema

Los requerimientos funcionales del sistema demuestran gráficamente a detalle la funcionalidad del mismo y como se debe comportar en el entorno de trabajo.
Para la comprensión de los requerimientos funcionales del sistema se optó por la aplicación de diagramas UML, la cual es una sucesión de normas y estándares gráficos con el objetivo de representar la funcionalidad de un software a través de un esquema fácil de comprender.

#### 4.2.1.2. Algoritmo Proceso para el control de alertas tempranas

La Figura 7 representa el algoritmo que se utiliza para controlar las alertas que se producen en el transcurso de la producción.

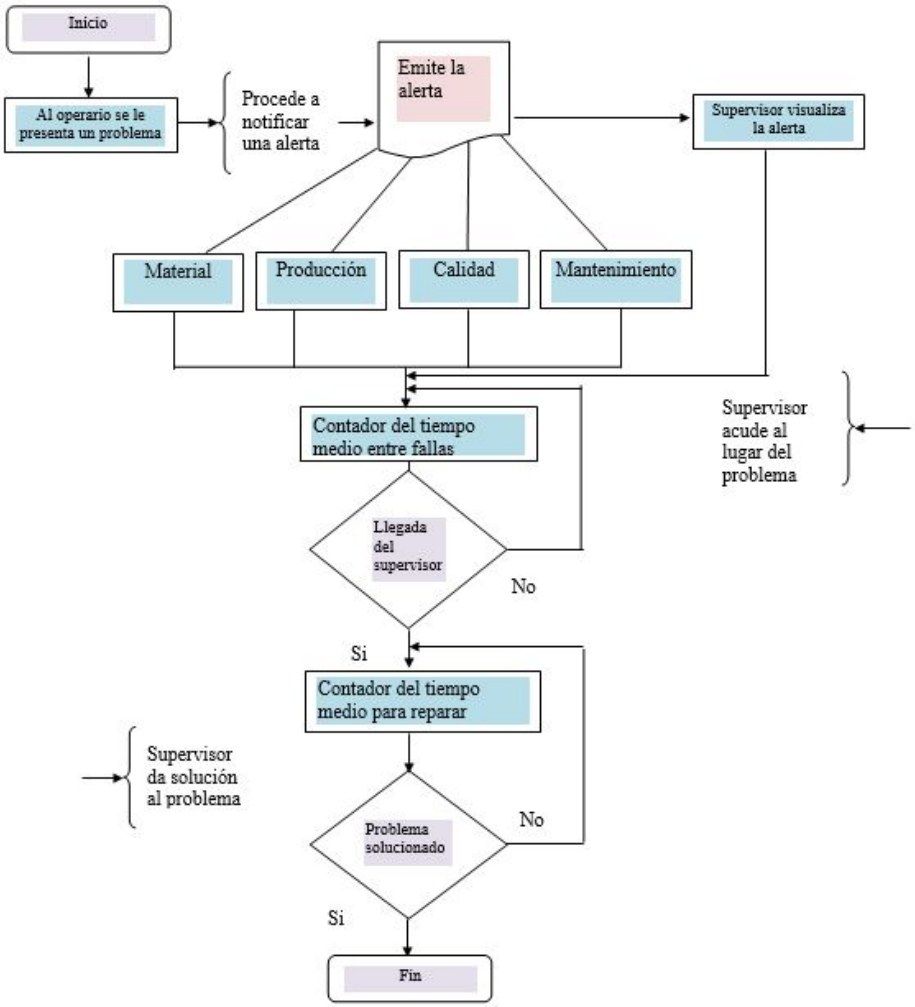



Figura 7: Algoritmo Proceso para el control de alertas tempranas.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### 4.2.1.3. Casos de Uso

Mediante un caso de uso se representa los actores o el encargado del uso del sistema y los casos de uso o procesos principales del software.
La Figura 8 representa el caso de uso de la aplicación móvil.

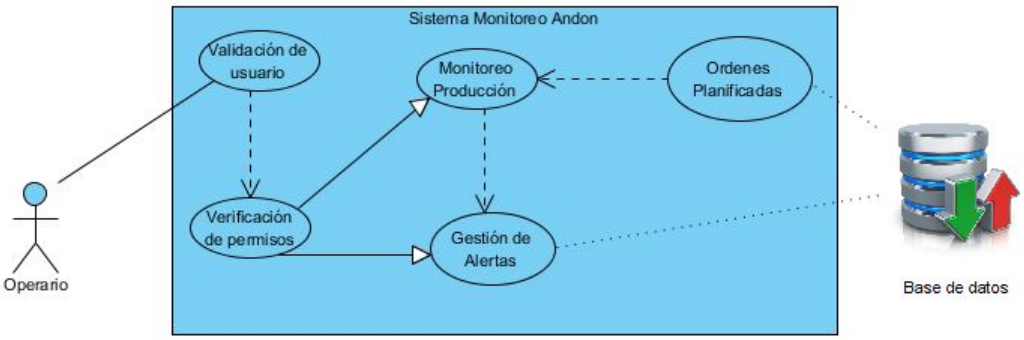



Figura 8: Diagrama de caso de uso funcionalidad sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

La Tabla 2 muestra la especificación para el caso de uso de la aplicación móvil.

Tabla 2: Caso de uso funcionalidad sistema móvil.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| | |
|---|---|
| **Nombre:** | Gestión de producción y alertas |
| **Actores:** | Operario |
| **Precondiciones**<br><br>Tanto la información del usuario como del dispositivo móvil deben estar guardados en la base de datos. | |
| **Flujo Normal**<br><br>**1.** El sistema requiere el usuario y contraseña.<br>**2.** El sistema valida la información del usuario.<br>**3.** El sistema verifica los permisos del usuario.<br>4. El sistema habilito el módulo de monitoreo de producción y gestión de alertas. | |
| **Flujo Alternativo**<br><br>**1.** El usuario no cuenta con los permisos necesarios para acceder a las funciones de la aplicación móvil o no existen ordenes planificadas para sus permisos actuales. | |
| **Poscondiciones**<br><br>El sistema envía el estado de la producción al servidor de base de datos. | |

La Figura 9 representa el caso de uso de la aplicación web.

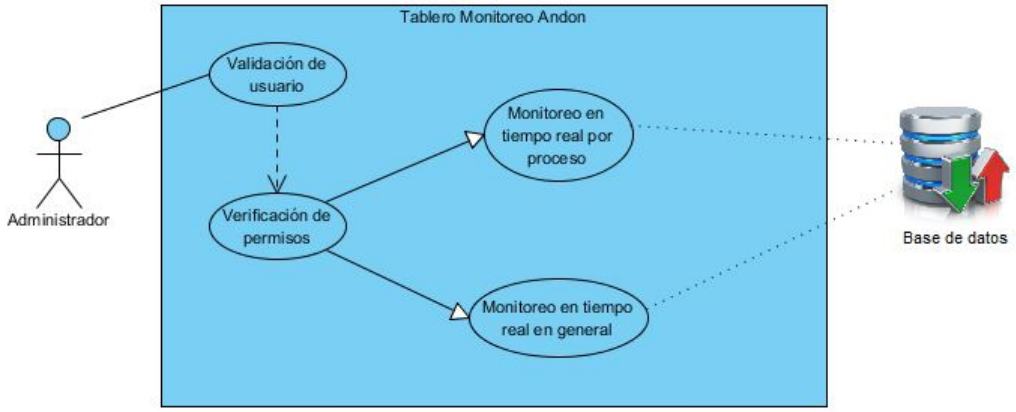



Figura 9: Diagrama de caso de uso funcionalidad sistema web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

La Tabla 3 muestra la especificación para el caso de uso de la aplicación web.

Tabla 3: Caso de uso funcionalidad sistema web.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| | |
|---|---|
| **Nombre:** | Monitoreo de producción y alertas |
| **Actores:** | Administrador |
| **Precondiciones**<br><br>La información del usuario debe estar guardada en la base de datos.<br>Las ordenes de producción deben ser previamente planificadas para el día y turno actual. | |
| **Flujo Normal**<br><br>**1.** El sistema requiere el usuario y contraseña.<br>**2.** El sistema valida la información del usuario.<br>**3.** El sistema verifica los permisos del usuario.<br>**4.** El usuario selecciona el proceso y la línea de producción a monitorear. | |
| **Flujo Alternativo**<br><br>No existen ordenes planificadas con los parámetros previamente escogidos a monitorear.<br>El sistema muestra mensaje de observación. | |
| **Poscondiciones**<br><br>Al encontrar el usuario un inconveniente o un fallo dentro de la producción procede a dar una solución. | |

#### 4.2.1.4. Diagrama de Actividades

El diagrama de actividades representa las actividades de negocio o la funcionalidad de un sistema software mediante el cual se puede demostrar la lógica de un algoritmo o el proceder del mismo mediante actividades las cuales siguen un camino lógico como muestra la Figura 10.

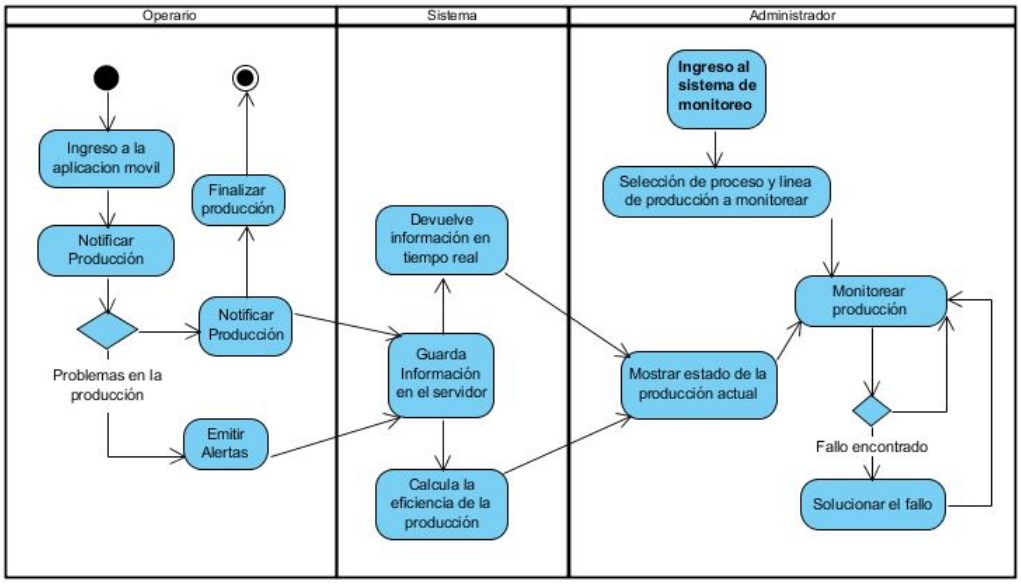



Figura 10: Diagrama de actividades.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### 4.2.1.5. Diagrama de Secuencias

El diagrama de secuencias muestra de forma secuencial cada una de las actividades que realiza el sistema en base a el tiempo que conlleva cada actividad. Figura 11, diagrama de secuencia aplicación móvil.

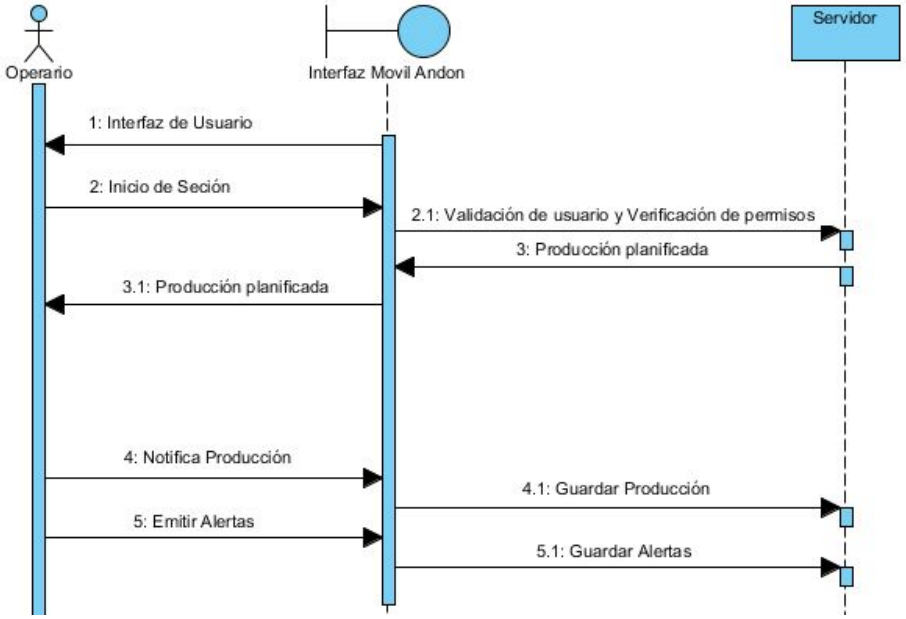



Figura 11: Diagrama de secuencia sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Figura 12, diagrama se secuencia aplicación web.

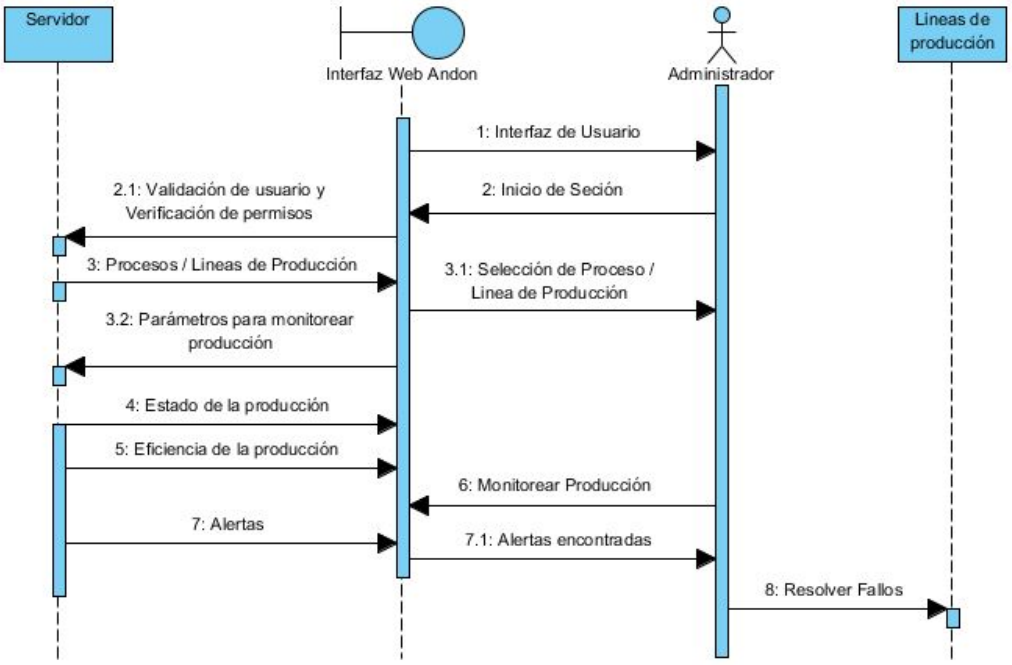



Figura 12: Diagrama de secuencia sistema web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### 4.2.1.6. Diseño de Base de Datos

**Diagrama Entidad Relación**

El Modelo Entidad Relación es un modelo de datos el cual representa gráficamente la percepción de un problema real a partir de entidades y relaciones entre ellos. Se le denomina entidad a un objeto del mundo real distinguible de otros por sus diversas características, además de las relaciones que pueden tener entre si reflejando la interacción entre entidades.
A continuación, en la Figura 13 muestra el diseño de base de datos para el Sistema de Control y Monitoreo.

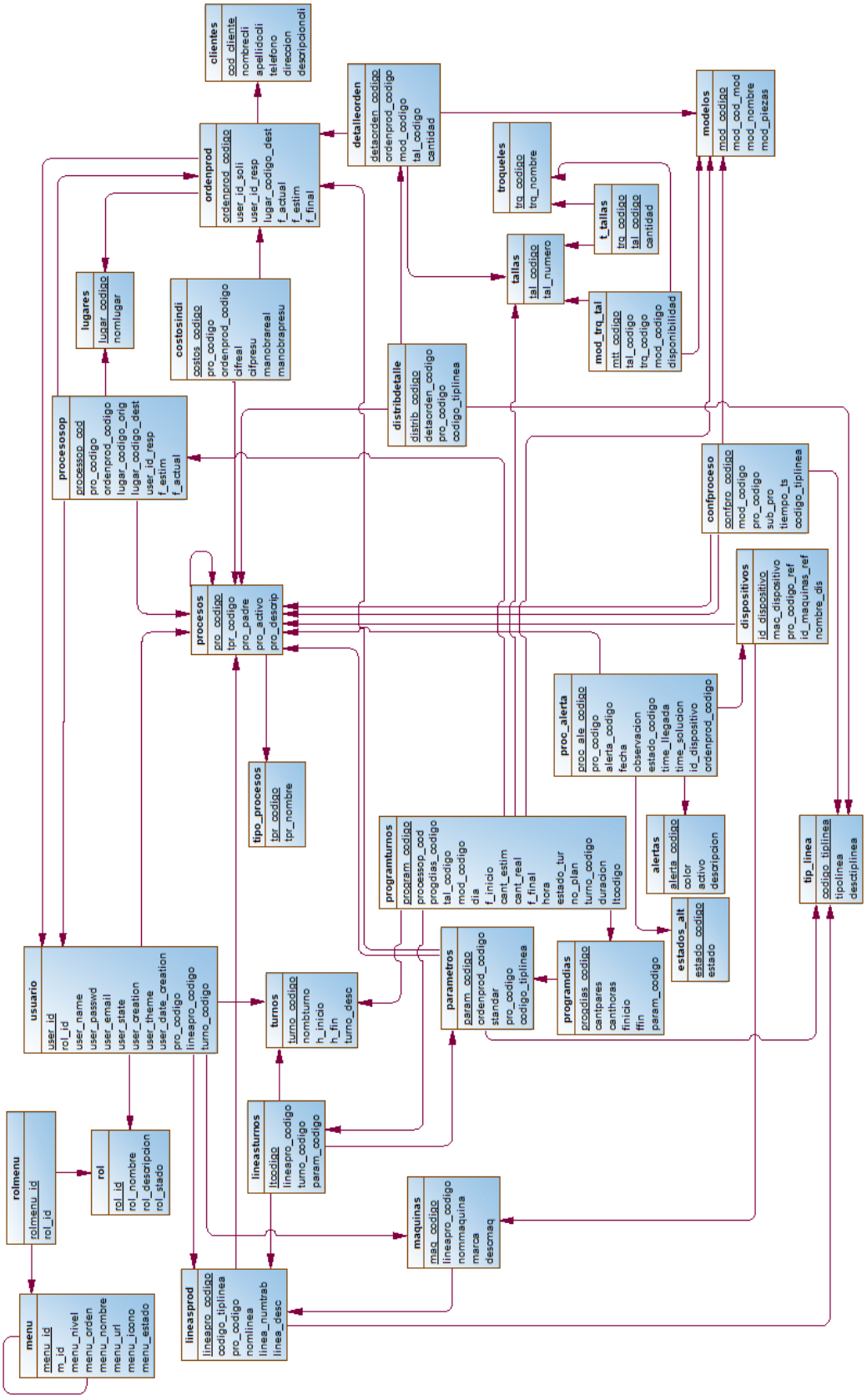



Figura 13: Diagrama Entidad Relación.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

El gestor de base de datos utilizado para la presente investigación es PostgreSQL, la cual guarda toda la información pertinente.

### PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional. Fue el pionero en muchos de los conceptos existentes en el sistema objeto-relacional actual, incluido, más tarde en otros sistemas de gestión comerciales como un sistema objeto-relacional, ya que incluye características de la orientación a objetos, como puede ser la herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, disparadores, reglas e integridad transaccional.

### Identificación de Objetos

Diccionario de datos.
Mediante un análisis y seguimiento al proceso en investigación se presenta un total de 6 tablas las cuales fueron añadidas a la base de datos actual, Tabla 4.

Tabla 4: Diccionario de datos.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Tabla | Descripción |
|---|---|
| alertas | Almacena información sobre las diferentes alertas que se producen en el entorno de trabajo. |
| proc_alerta | Almacena información de las alertas emitidas mediante la aplicación móvil con sus respectivos tiempos de reacción. |
| dispositivos | Almacena la información de todos los dispositivos móviles para el uso de la aplicación móvil Andon. |
| estados_alt | Almacena los diferentes estados que tiene cada alerta. |
| gráficas | Almacena los datos de las diferentes órdenes que se van realizando para la generación del grafico estadístico en tiempo real. |
| temprep | Almacena información sobre los inicios de sesión por parte del personal mediante la aplicación móvil. |

Descripción para la tabla Alertas, Tabla 5.

Tabla 5: Descripción Tabla Alertas.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| alerta_codigo | Integer | Si | Si |
| color | character varying (20) | No | Si |
| activo | character (1) | No | Si |
| descripcion | character varying (20) | No | Si |

Descripción para la tabla Dispositivos, Tabla 6.

Tabla 6: Descripción Tabla Dispositivos.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| id_dispositivo | Integer | Si | Si |
| mac_dispositivo | character varying (20) | No | Si |
| pro_codigo_ref | Integer | No | Si |
| id_maquinas_ref | Integer | No | Si |
| nombre_dis | character varying (20) | No | Si |

Descripción para la tabla Estados Alertas, Tabla 7.

Tabla 7: Descripción Tabla Estados Alertas.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| estado_codigo | Integer | Si | Si |
| Estado | character varying (20) | No | Si |

Descripción para la tabla Procesos Alertas, Tabla 8.

Tabla 8: Descripción Tabla Procesos Alertas.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| proc_ale_codigo | Integer | Si | Si |
| pro_codigo | character varying (20) | No | Si |
| alerta_codigo | Integer | No | Si |
| fecha | Integer | No | Si |
| observación | character varying (20) | No | No |
| estado_codigo | Integer | No | Si |
| time_llegada | character varying (10) | No | No |
| time_solucion | character varying (10) | No | No |
| id_dispositivo | Integer | No | Si |
| ordenprod_codigo | Integer | No | Si |

Descripción para la tabla Gráficas, Tabla 9.

Tabla 9: Descripción Tabla Gráficas.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| id | Integer | Si | Si |
| ordenprod_codigo | Integer | No | Si |
| tpr_codigo | Integer | No | Si |
| lineapro_codigo | Integer | No | Si |
| cantidad | Integer | No | Si |
| turno_codigo | Integer | No | Si |
| fecha | timestamp without time zone | no | Si |

Descripción para la tabla Temp Login, Tabla 10.

Tabla 10: Descripción Tabla Temp Login.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Nombre | Tipo Dato | Clave Primaria | Obligatorio |
|---|---|---|---|
| cod_temp | Integer | Si | Si |
| user_name | Integer | No | Si |
| fechalogin | Integer | No | Si |
| fechalogout | Integer | No | Si |
| id_dispositivo | Integer | No | Si |

Se ve la necesidad de realizar cambios en la tabla para la programación de turnos donde se especifica la producción a un cierto día y turno dentro de la jornada de trabajo. Se añade el estado de la planificación ya sea pendiente o finalizado, un estado adicional a la producción cuando la misma no se encuentra planificada y la duración exacta de la misma.

Funciones

Dentro de la base de datos existen acciones que se ejecutan de manera transparente con la finalidad de ayudar con la funcionalidad del sistema de control Andon, Tabla 11.

Tabla 11: Funcionalidad del sistema de control Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Función | Descripción |
|---|---|
| p_login | Verifica si el usuario que intente ingresar a la aplicación tiene los permisos necesarios para acceder a sus características. |
| p_select_eficiencia_orden | Devuelve la eficiencia en tiempo real de la producción que se ejecute en ese momento dependiendo el proceso y línea de producción a monitorear. |
| p_select_eficiencia_total | Devuelve la eficiencia general en tiempo real de la producción que se ejecute en ese momento. |
| p_select_pares_plan | Devuelve la cantidad planeada que se debería producir cada hora de la jornada de trabajo. |
| p_select_prog_np | Ingresa los modelos y tallas no planeados a la producción que se ejecute en ese momento. |
| p_insert_graf | Ingresa datos para la visualización del grafico estadístico en tiempo real para el sitio web. |
| p_update_durac_pt | Actualiza la duración de un proceso en la programación de turnos. |
| p_update_estado_turno | Actualiza el estado de turno a 'FINALIZADO' cuando la cantidad estimada sea igual a la planificada. |

### 4.2.2. Diseño de Interfaces

#### 4.2.2.1. Aplicación Móvil

**Inicio de sesión – Login**

El administrador del sistema facilita al personal destinado a la operación de la aplicación móvil su respectivo nombre de usuario y contraseña para el debido ingreso a la misma, donde dependerá el rol que se le asignó a dicho usuario, permitiendo el acceso a las características de la aplicación, Figura 14.

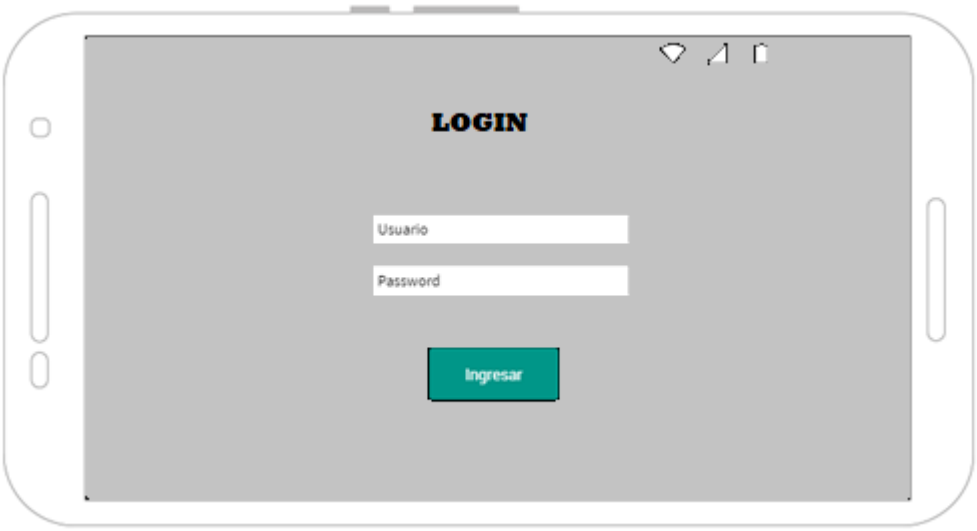



Figura 14: Prototipo inicio de sesión sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

**Monitoreo de la producción y gestor de alertas Andon**

En la Figura 15 muestra que la aplicación Andon cuenta con dos módulos complementarios, el primero de ellos está dedicado a la notificación de un nuevo par mientras que el segundo se enfoca en dar seguimiento a los diversos paros no planeados dentro de la producción.
Desde el módulo de notificación se visualizará la Orden planificada junto a sus diferentes modelos y tallas, el operario deberá seleccionar el modelo y la talla a producir ayudándose de un botón para añadir cada par producido.
Durante la producción de una orden en el transcurso de la jornada, puede suscitarse la aparición de una nueva. Para dar cumplimiento a la orden mencionada será necesario presionar el botón “cambio de orden”.
La aplicación posee la funcionalidad de finalizar la orden de producción que se encuentre en producción por el botón "Finalizar" o en el caso de existir producción

no planeada la aplicación tiene la capacidad de añadirla a la orden en producción el modelo y talla especificada para dicha producción mediante el botón “No Planificado”.
En el módulo de seguimiento a paros no planeados se muestra 4 botones los cuales están asignados a los diferentes tipos de anormalidades que pueden presentarse durante el proceso productivo los cuales son: Producción, Materiales, Mantenimiento y Calidad.
Al momento de emitir una alerta se inicia un contador interno de tiempo hasta que el encargado de resolver las anormalidades dentro de la producción llegue al puesto de trabajo donde se emitió la alerta el cual se llama "Tiempo medio entre fallas", iniciando otro contador denominado "Tiempo medio para reparar" que se finalizará en el momento que el encargado termine de realizar las correcciones o mantenimiento respectivo a la maquinaria o materia prima, esto dependerá del tipo de alerta que se emitió.

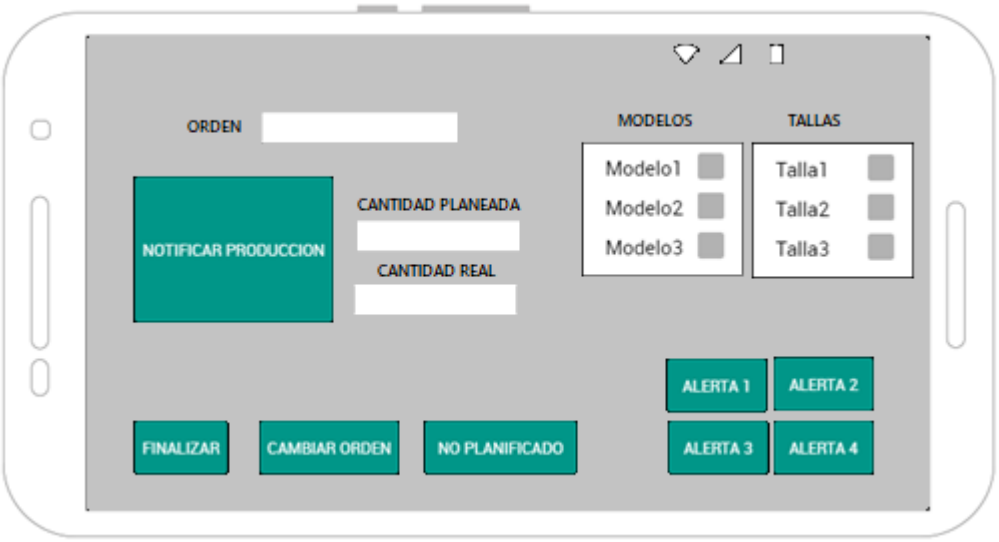



Figura 15: Prototipo monitoreo de producción y gestor de alertas sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Cambio de orden de producción

En la Figura 16 se presenta el cambio de orden donde se encuentre el modelo y talla entrante a producción, las cuales se han planificadas para el día y turno actual.




Figura 16: Prototipo cambio de producción sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Producción no planificada

En la Figura 17 se muestra los diferentes modelos y tallas que se trabajan en la empresa, acompañado de un botón para notificar la producción no planeada para el día y turno actual.




Figura 17: Prototipo producción no planificada sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### Nuevo Dispositivo

Para que el dispositivo móvil pueda generar las alertas el Administrador tiene el deber de agregar el dispositivo a la base de datos donde se encuentran los diversos dispositivos registrados para la producción, Figura 18.




Figura 18: Prototipo agregar nuevo dispositivo sistema móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

#### 4.2.2.2. Aplicación Web

#### Selección de procesos a monitorear

En el sistema web se presenta el panel Andon donde se muestra el estado de la producción en tiempo real para las ordenes ya planificadas, permitiendo seleccionar los diversos procesos que se manejan para el monitoreo, Figura 19.




Figura 19: Prototipo selección de proceso a monitorear sistema web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Pantalla monitoreo Andon

El panel o tablero Andon nos presenta un informe del estado de la producción en tiempo real con la Orden de producción ya planificada para un día y turno, el cual muestra el proceso, la cantidad planificada y la producida de los diferentes pares dependiendo a la línea de producción a la cual fue asignada, además de la eficiencia de la producción respecto a el tiempo estimado para la misma.
En la parte inferior se muestra las alertas que se emiten por parte de la aplicación móvil, permitiendo en la aplicación web una mayor facilidad de visualizarlas para el personal y administradores, Figura 20.

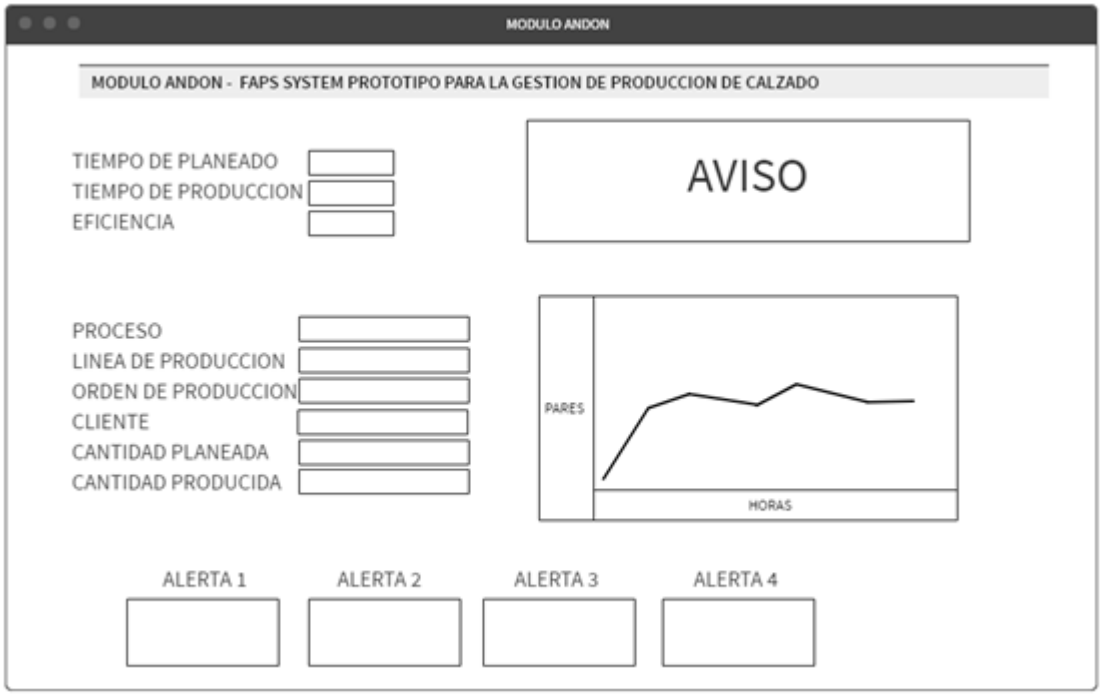



Figura 20: Prototipo Monitoreo en tiempo real sistema web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Generación de reportes

En el apartado para la generación de reportes el primer paso a seguir es la selección de parámetros con el objetivo de obtener la información requerida, Figura 21. En la sección de los parámetros se puede apreciar lo siguiente:

- Fecha
- Turno
- Proceso
- Línea de producción

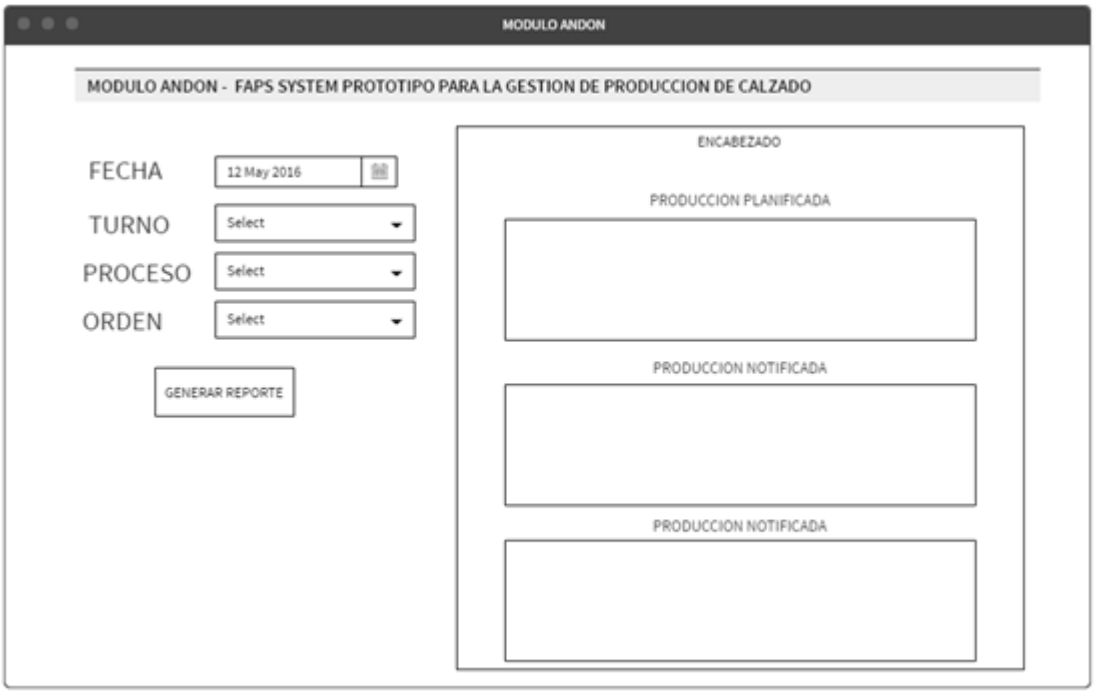



Figura 21: Prototipo reportes sistema web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### 4.3. Desarrollo

El esquema general del sistema de monitoreo y gestión de alertas Andon está compuesto por un servidor de base de datos, un servidor web y una aplicación móvil. En el servidor web se publicó los web services respectivos para el manejo de información dentro del servidor y un sistema web para el monitoreo de la misma. El servidor de base de datos contiene la información de las ordenes planificadas, las cuales se enviará mediante web services a una aplicación móvil para la respectiva notificación de un nuevo par o un fallo encontrado durante el proceso de producción dentro de una jornada de trabajo. El sistema web muestra en tiempo real el estado de la producción y la eficiencia de la misma, además de los posibles fallos emitidos mediante la aplicación móvil para su solución inmediata, Figura 22.

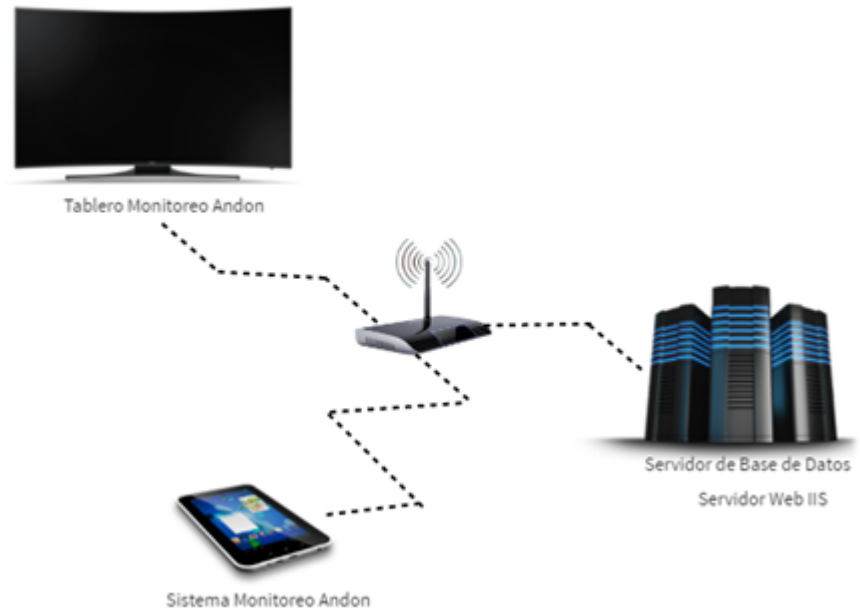



Figura 22: Esquema general Sistema de Monitoreo y Gestor de Alertas Andon.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### 4.3.1. Codificación de la aplicación móvil/web

En esta etapa se procede a la implementación del código fuente de los sistemas para el control y monitoreo de la producción de calzado y gestión de alertas Andon.

Para la implementación del sistema móvil el cuál es el encargado de la notificación de producción nueva y la gestión de alertas Andon, se lo efectúo mediante el entorno de desarrollo integrado Android Studio el cual se enfoca en el desarrollo de aplicaciones android nativas [34], las cuales permiten trabajar sin conexión guardando la información generada localmente. Una aplicación móvil tiene la posibilidad de conectarse a un servidor de base de datos independiente de donde este se encuentre ya sea dentro de una intranet o internet mediante el uso de web services.

Un servicio web o web service es un conjunto de estándares y protocolos que permite el consumo de servicios desarrollados independientemente de su plataforma facilitando la comunicación entre diferentes plataformas utilizando el lenguaje estandarizado XLM. Una de las herramientas más utilizadas para el desarrollo de web services es Visual Studio, la cual es un conjunto completo de herramientas para el desarrollo de diversas aplicaciones como: Servicios Web XML, aplicaciones tanto para escritorio como web y móviles [35].

Para la implementación del sistema web encargado del monitoreo de la producción

y alertas Andon en tiempo real se lo genero mediante el lenguaje de programación c# con el entorno de desarrollo web integrado Visual Studio.
Una función de los sistemas tanto móvil como web es el calculo de la Eficiencia de la producción ya sea en tiempo real presentada en el sistema web al momento de monitorear un proceso o a través de los reportes generados de producciones anteriores.

**Eficiencia**

La eficiencia se origina cuando el personal maneja los diferentes recursos de una manera eficiente, produciendo el máximo de producción con el mínimo de recursos. Para el cálculo de la eficiencia teórica ya sea en tiempo real o para un reporte de una producción anterior se toma en cuenta 4 variables las cuales son:

- Producción planeada
  - La cantidad de pares que se planificó.
- Producción real
  - La cantidad de pares notificados.
- Tiempo estimado
  - Tiempo en el que se estima la fabricación de la producción planeada.
- Tiempo real
  - Tiempo real que lleva en el proceso de la producción.

La formula para el cálculo de la eficiencia teórica se muestra en la Figura 23.

$$eficiencia = \frac{producción\ real * 100}{\left(\frac{produccion\ planeada}{tiempo\ estimado}\right) * tiempo\ real}$$

Figura 23: Calculo Eficiencia Teórica
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

La eficiencia obtenida se llama teórica ya que no se toma en cuenta el tiempo de las diferentes fallas encontradas en el transcurso de una producción, las cuales pueden ocasionar tiempos improductivos.
Para el cálculo de la eficiencia real se resta el total de tiempo que tomó en encontrar las fallas y dar solución a las mismas de la eficiencia teórica, Figura 24.

$$eficiencia = \frac{producción\ real * 100}{\left(\frac{produccion\ planeada}{tiempo\ estimado}\right) * (tiempo\ real - tiempo\ fallas)}$$

Figura 24: Calculo Eficiencia Real
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Dependiendo la eficiencia obtenida se muestra un mensaje el cual indica el estado de la producción dentro de un rango de valores como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Rango de valores para eficiencia.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Eficiencia (x)** | **Estado Producción** |
|---|---|
| x < 65 % | Inaceptable, pérdidas importantes. |
| 65 % <= x < 75 % | Regular, baja competitividad. |
| 75 % <= x < 85 % | Aceptable, pérdidas ligeras. |
| 85 % <= x < 95 % | Buena competitividad. |
| x > = 95 % | Excelente competitividad. |

#### 4.3.1.1. Configuración del Servidor

El sistema web se aloja dentro del servidor web IIS para poder acceder al mismo desde computadoras de escritorio, laptops, Smart tv para el monitoreo de la producción o generación de reportes.
Servidor Web IIS
Un servidor web es el encargado de almacenar los archivos de un sitio web dentro del servidor para mostrarlo con la petición de un cliente que tenga acceso a la misma desde internet o una red local [34].
Servidor web IIS es un conjunto de servicios para Windows donde se puede publicar sitios web, manejando las peticiones de los clientes permite enviar y recibir información a través de una red tanto local como remota [35].

**Habilitar IIS (Internet Information Services)**

Para habilitar IIS dentro de un servidor Windows se debe seguir ciertos pasos y así obtener un correcto funcionamiento: Dentro del administrador del servidor en el apartado “Añadir Roles y Entidades” se selecciona el tipo de instalación basada en roles o entidades como muestra la Figura 25.

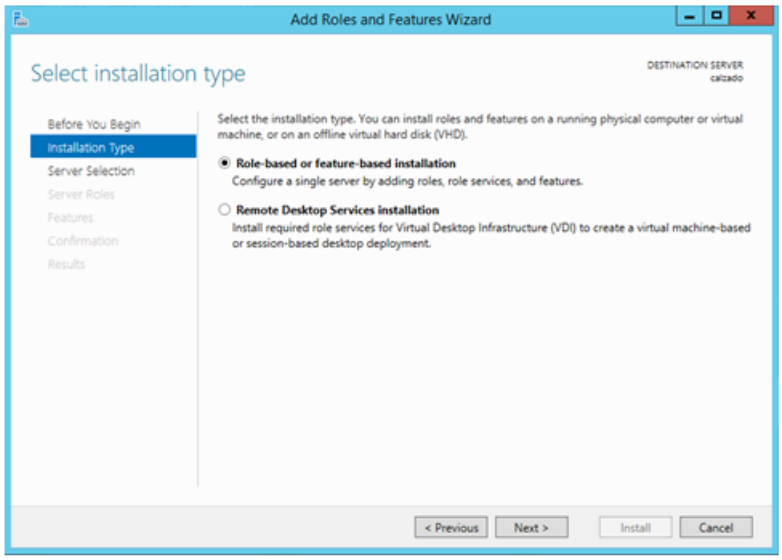



Figura 25: Roles y entidades.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Continuando a la selección del servidor destino donde se habilitará el IIS, por defecto se encuentra seleccionado el servidor local, Figura 26.

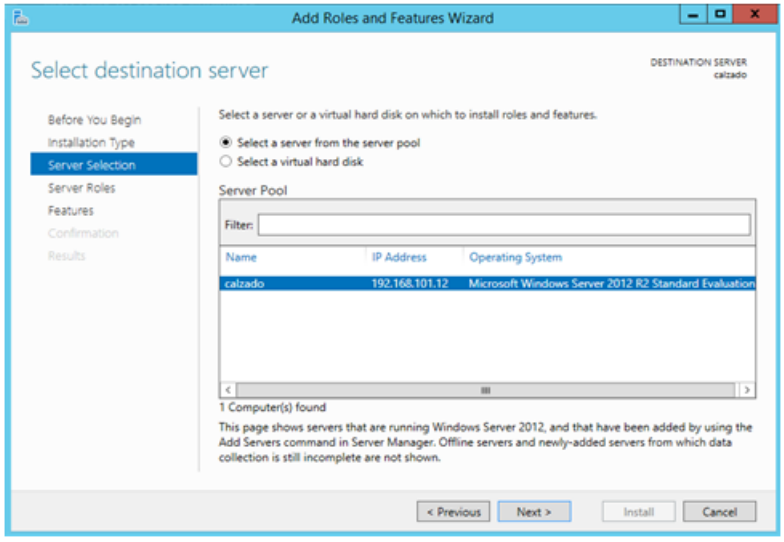



Figura 26: Servidor destino IIS.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Se procede a seleccionar los roles del servidor donde se encuentra el IIS, activando todos sus servicios, Figura 27.

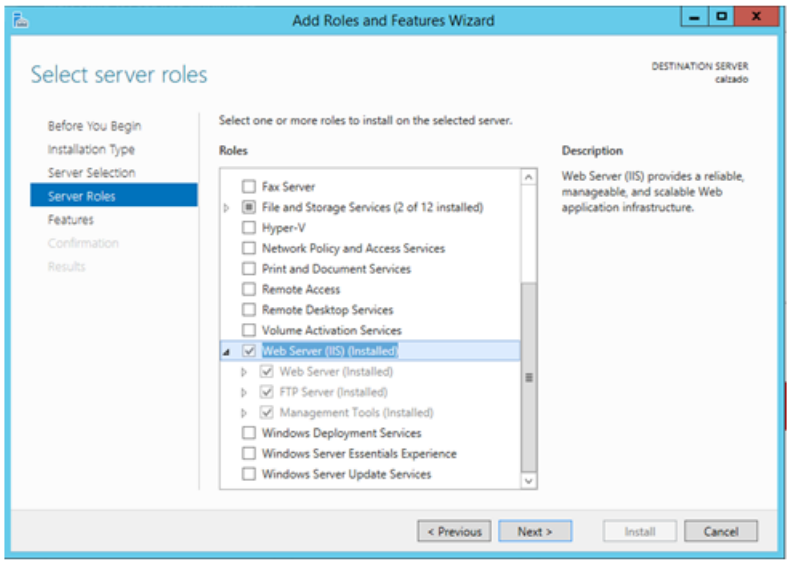



Figura 27: Roles Servidor.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

En las características adicionales se activa la versión de .Net usada para la aplicación que se alojará en el IIS, Figura 28.

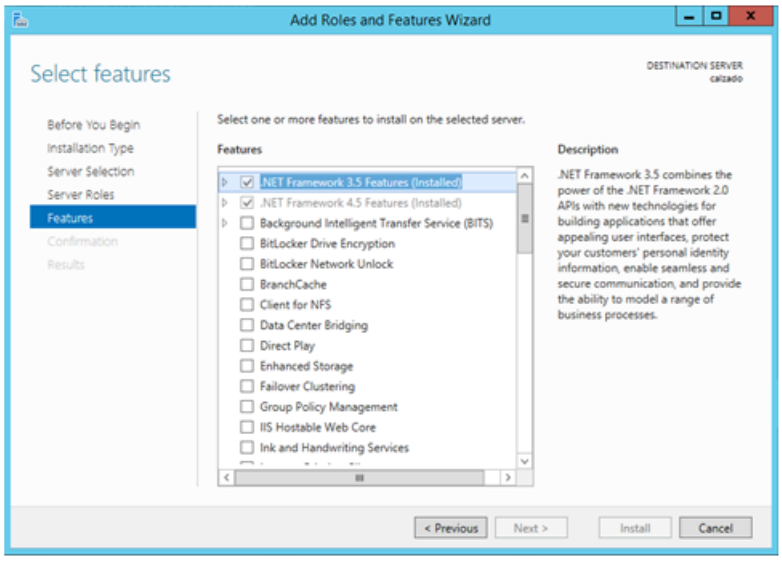



Figura 28: Características .Net.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Activar los componentes del rol que se seleccionó previamente (IIS), Figura 29.

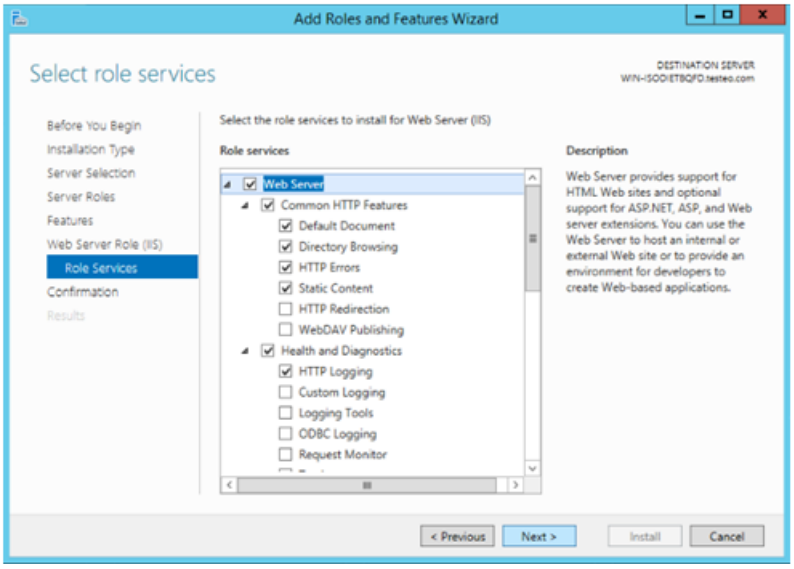



Figura 29: Componentes IIS.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Verificar configuraciones previo a la instalación y finalizar la misma, Figuras 30 y 31.

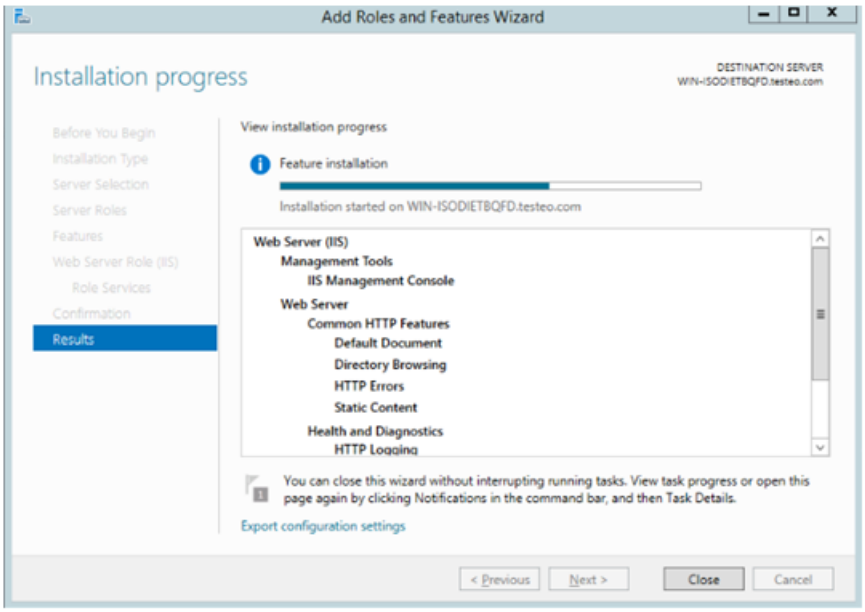



Figura 30: Activando IIS a.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

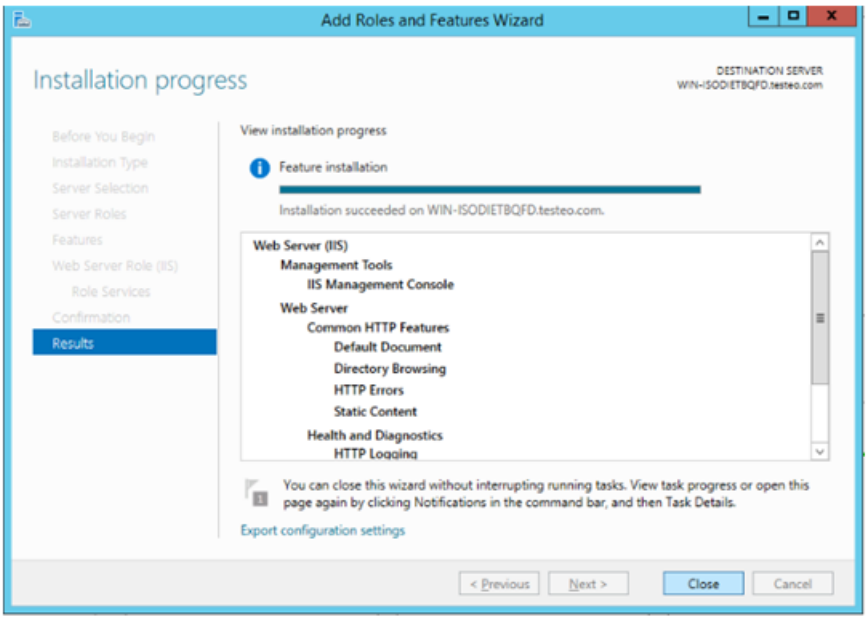



Figura 31: Activando IIS b.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Acceder a Internet Information Services (IIS)

Se puede acceder al IIS mediante el buscador de Windows o a su vez dentro de Server Manager en el apartador de herramientas en la opción Internet Information Services (IIS) Manager, Figura 32.

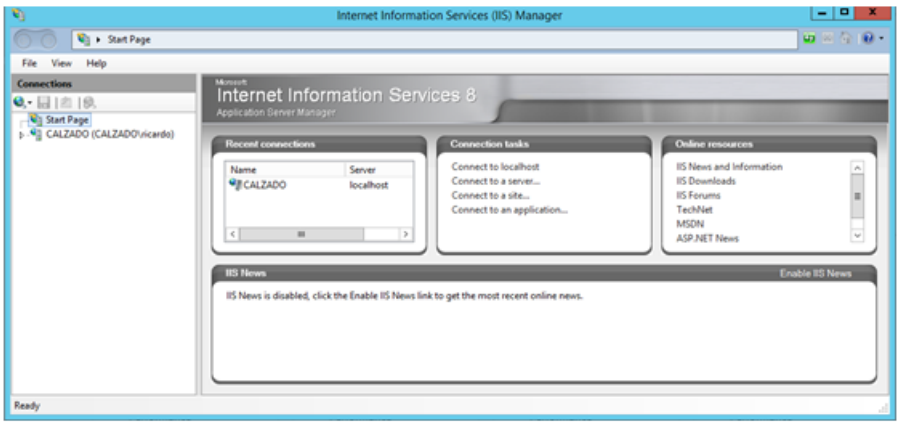



Figura 32: Internet Information Services.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Al culminar con la configuración del servidor web IIS se crea una dirección en el servidor para poder contener los diferentes archivos de configuración para cada una de las aplicaciones que se desee publicar a través del mismo como puede ser los sitios web, web services.

- C:\inetpub\wwwroot

Se puede acceder a la dirección mencionada directamente desde la interfaz de configuración de IIS o a su vez desde el explorador de archivos.
Una vez que los archivos de configuración del sitio web a publicar se encuentren localizados en la ruta mencionada del IIS se procederá a convertirlos en aplicación mediante el IIS, Figura 33.

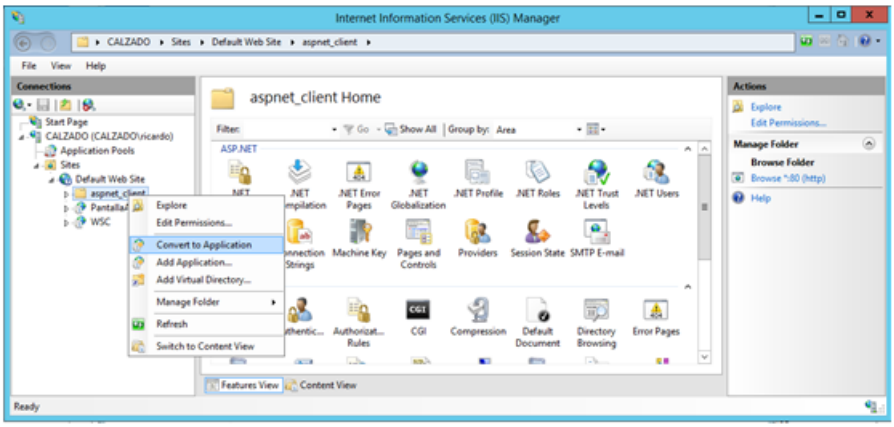



Figura 33: IIS Aplicaciones.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Se puede acceder al contenido del sitio web remotamente mediante un navegador introduciendo la dirección ip del servidor más el nombre del sitio web publicado.

## 4.4. Pruebas

Se comprobó el correcto funcionamiento tanto de la aplicación móvil como web gracias a las diferentes pruebas que se sometieron con el fin de encontrar algún defecto o error durante la ejecución de los mismos.

### 4.4.1. Pruebas de caja negra y blanca

#### 4.4.1.1. Prueba de caja blanca

Las pruebas de caja blanca se las realiza directamente al código fuente de un sistema informático analizando cada uno de los posibles caminos o rutas que sigue el mismo con finalidad de comprobar la funcionalidad del sistema minimizando los errores dentro del mismo y garantizando una mayor confiabilidad [36].

### Camino básico

Camino básico es un tipo de prueba de caja blanca, la cual permite conseguir una medida de la complejidad del diseño de un sistema informático en base a la secuencia que tiene el mismo.
Este tipo de prueba sigue una serie de pasos:

- Generar un grafo de flujo a partir del diseño del sistema.
  - Calcular la complejidad ciclomática del grafo.
  - Determinar caminos básicos independientes.
  - Preparar pruebas para la ejecución de cada camino.

### Grafo de flujo

Cualquier segmento de código dentro de un sistema informático se pude traducir a un Grafo de Flujo.
Notación:
Nodo
Un nodo hace referencia a una secuencia de procesos y estos pueden estar asociados entre si o a su vez a una decisión, ademas de estar representados por un circulo.
Aristas
El flujo de control se representa mediante flechas denominadas aristas las cuales se encuentran obligadas a terminar en un nodo.
Regiones
Las regiones son áreas compuestas por nodos y aristas, las mismas que representan la cantidad de caminos independientes de un programa.

### Complejidad ciclomática

La complejidad ciclomática es una métrica de software la cual representa la complejidad lógica de un programa con una medida cuantitativa. Esta medida define el número de caminos independientes de un programa con la finalidad de dar a conocer el número de pruebas necesarias para la ejecución de cada sentencia por lo menos una vez.
La complejidad ciclomática se la puede obtener de las siguientes maneras:

- La diferencia entre la cantidad de aristas y la cantidad de nodos.
  - La cantidad de regiones.
  - La cantidad de condiciones.

### Caminos independientes

Cada camino se genera al pasar por una arista hasta llegar al final del ciclo, es decir un camino independiente comprende desde el inicio de un nodo pasando por una o varias aristas, condiciones hasta llegar al final de su ciclo o camino.

### Pruebas para ejecutar cada camino.

El objetivo de esta prueba es recorrer cada uno de los caminos independiente que cuenta el algoritmo que se somete a dicha prueba, para a su vez confirmar su correcto funcionamiento y comprobar que no existen caminos diferentes a su funcionalidad.

### Aplicando Camino Básico al sistema web

El código fuente mostrado en las Figuras 34 y 35 es el encargado de generar la eficiencia de la producción la cual es ejecutada en tiempo real, la misma que se refleja en la aplicación web tanto en el módulo de monitoreo como en el momento de generar el reporte de dicha producción.
El código fuente se podría llamar el principal ya que en el mismo se hace el llamado a los diferentes métodos para cumplir con su función a cabal, dependiendo de los parámetros seleccionados para el debido monitoreo separando las funciones de la producción en general de las específicas.

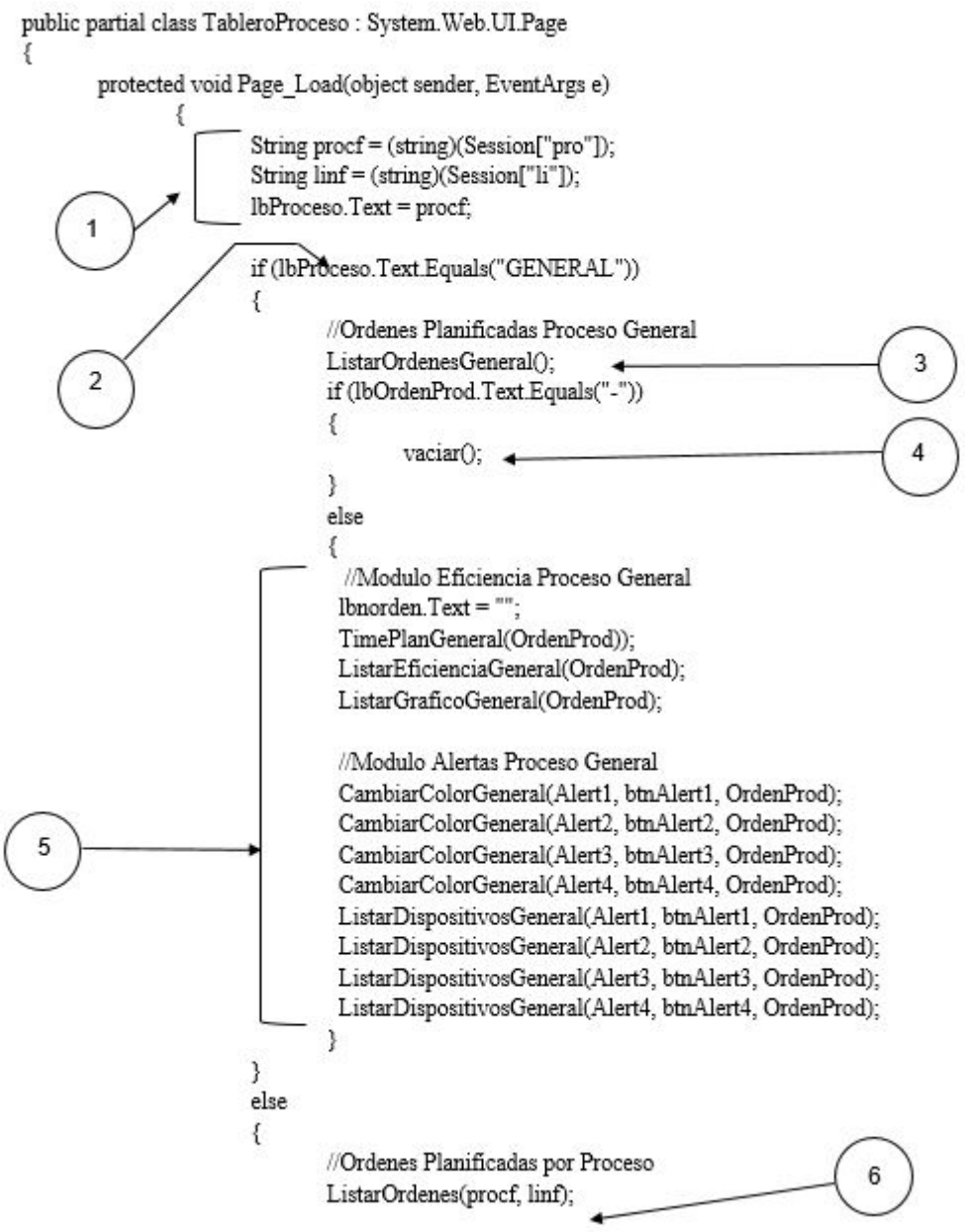



Figura 34: Camino Básico Sistema Web a.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

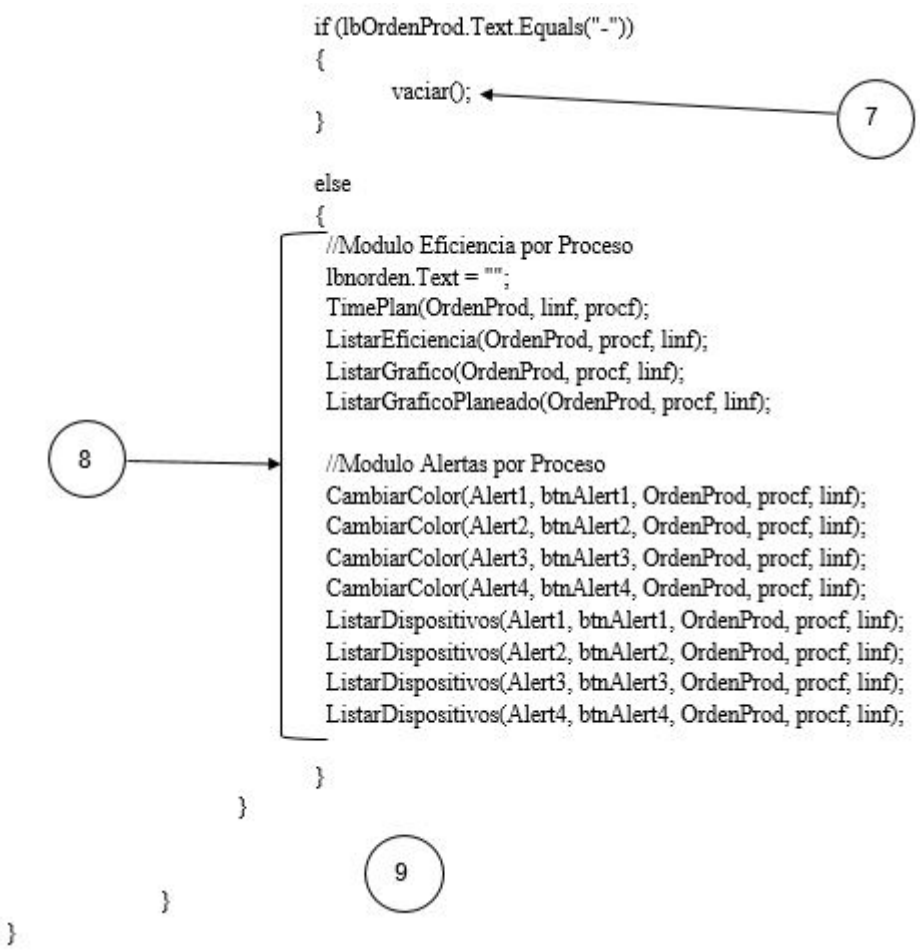



Figura 35: Camino Básico Sistema Web b.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Grafo de flujo

En la Figura 36 se puede observar los diferentes caminos independientes que se genera en el transcurso de la ejecución del código fuente detallado previamente. Con sus diferentes condiciones con sus caminos verdaderos y falsos.

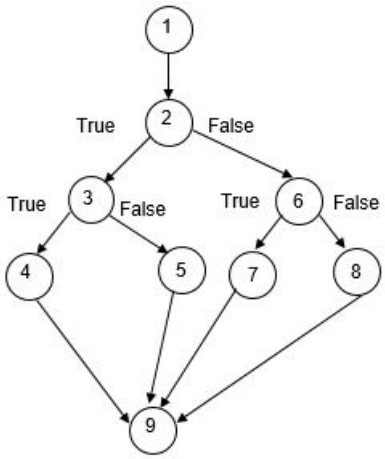



Figura 36: Grafo de Flujo Sistema Web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

**Complejidad ciclomática**

- V(G) = a – n + 2 = 11 – 9 + 2 = 4
  - V(G) = r = 4
  - V(G) = c + 1 = 3 + 1 = 4

**Caminos independientes**

- Camino 1 –> 1 - 2 – 3 – 4 – 9
  - Camino 2 –> 1 – 2 – 3 – 5 – 9
  - Camino 3 –> 1 – 2 – 6 – 7 – 9
  - Camino 4 –> 1 – 2 – 6 – 8 – 9

**Pruebas para alcanzar criterios de cobertura**

En la Tabla 13 se representa los criterios de cobertura de la aplicación web usados en las pruebas de caja blanca.

Tabla 13: Criterios de cobertura sistema web.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Camino | Características | Caso de Prueba | | |
|---|---|---|---|---|
| | | x | y | z |
| Camino 1 | Proceso = x, Orden = y | 'General' | null | |
| Camino 2 | Proceso = x, Orden = y | 'General' | =! null | |
| Camino 3 | Proceso = x, Orden = y, Linea = z | =!'General' | null | =! null |
| Camino 4 | Proceso = x, Orden = y, Linea = z | =!'General' | =! null | =! null |

Caso de prueba 1 (Camino 1 )
Proceso = x, Orden = y, como por ejemplo x = 'General', y = null.
Caso de prueba 2(Camino 2)
Proceso = x, Orden = y, como por ejemplo x = 'General', y =! null.
Caso de prueba 3 (Camino 3)
Proceso = x, Orden = y, Linea = z, como por ejemplo x =! 'General', y = null, z=! null.
Caso de prueba 4 (Camino 4)
Proceso = x, Orden = y, Linea = z, como por ejemplo x =! 'General', y =! null, z=! null.

### Aplicando Camino Básico al sistema móvil

El código fuente mostrado en las Figuras 37 y 38 es el modulo alertas Andon en la aplicación móvil.

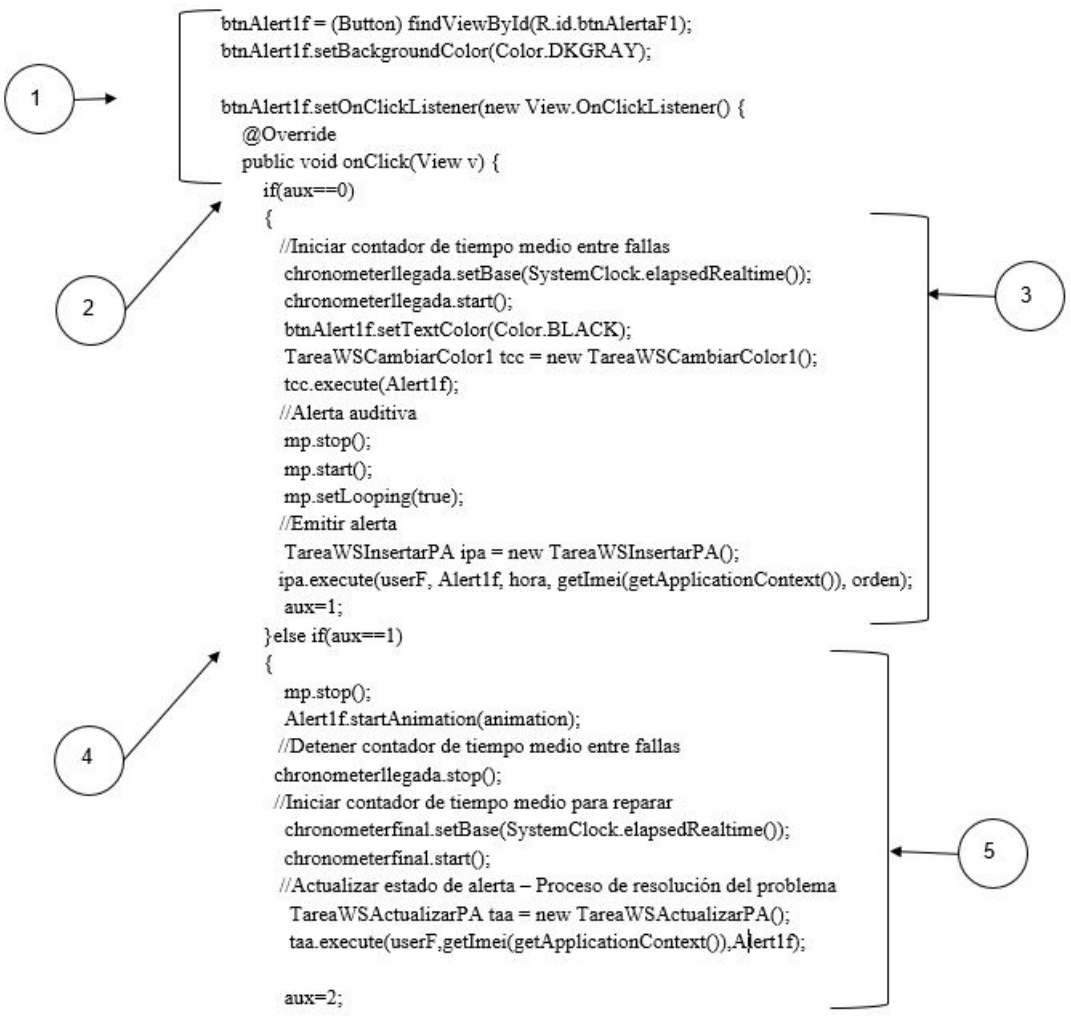



Figura 37: Camino Básico Sistema Móvil a.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

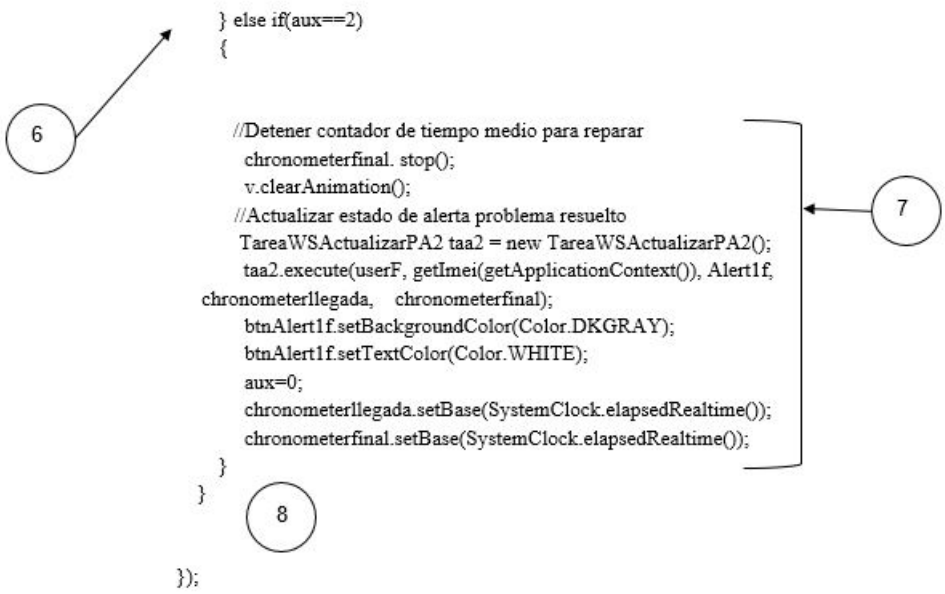



Figura 38: Camino Básico Sistema Móvil b.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Grafo de flujo

Figura 39, Grafo de flujo aplicación móvil.

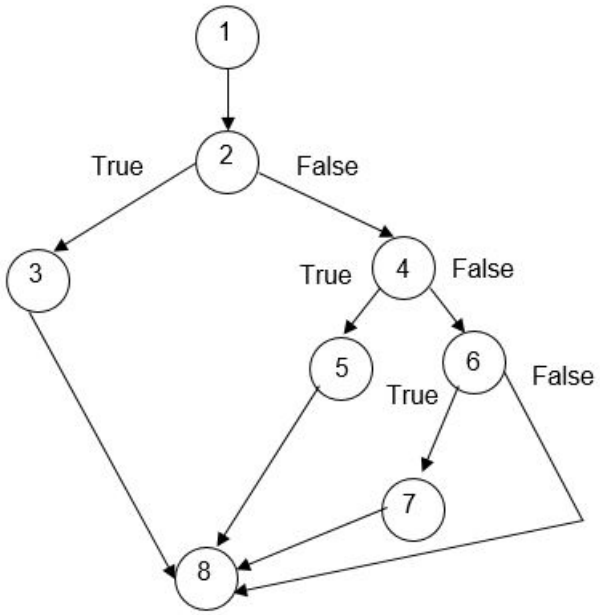



Figura 39: Grafo de Flujo Sistema Móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

**Complejidad ciclomática**

- V(G) = a – n + 2 = 10 – 8 + 2 = 4
  - V(G) = r = 4
  - V(G) = c + 1 = 3 + 1 = 4

**Caminos independientes**

- Camino 1 –> 1 - 2 – 3 – 8
  - Camino 2 –> 1 – 2 – 4 – 5 – 8
  - Camino 3 –> 1 – 2 – 4 – 6 – 7 – 8
  - Camino 4 –> 1 – 2 – 4 – 6 – 8

**Pruebas para alcanzar criterios de cobertura**

En la Tabla 14 se representa los criterios de cobertura de la aplicación móvil usados en las pruebas de caja blanca.

Tabla 14: Criterios de cobertura sistema móvil.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Camino** | **Características** | **Caso de Prueba** |
|---|---|---|
| | | **x** |
| Camino 1 | Estado alerta = x | 0 |
| Camino 2 | Estado alerta = x | 1 |
| Camino 3 | Estado alerta = x | 2 |
| Camino 4 | Estado alerta = x | < 0 \|\| > 2 |

Caso de prueba 1 (Camino 1 )
Estado alerta = x, como por ejemplo x = 0.
Caso de prueba 2(Camino 2)
Estado alerta = x, como por ejemplo x = 1.
Caso de prueba 3 (Camino 3)
Estado alerta = x, como por ejemplo x = 2.
Caso de prueba 4 (Camino 4)
Estado alerta = x, como por ejemplo x = $< 0 \,||\, x > 2$.

#### 4.4.1.2. Prueba de caja negra

Prueba de caja negra es una técnica de verificación de la funcionalidad del software sin tomar en cuenta el código fuente del mismo ya que se enfoca en las entradas y salidas del sistema. Detallando los valores válidos, no válidos y lo que devuelve cada uno de ellos [37].

**Partición equivalente**

Mediante este método los campos de entrada se fragmentan en clases de datos los cuales definen los estados válidos y no válidos para el sistema. Son definidos a partir de condiciones específicas, Tabla 15.

Tabla 15: Criterios de identificación clases de equivalencia.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Condiciones** | **Clases válidas** | **Clases no válidas** |
|---|---|---|
| Rango de valores | Valores del rango | Valores fuera del rango |
| Valor específico | Valor único | Valor diferente |
| Conjunto de valores relacionados | Valor dentro de un conjunto | Valor fuera del conjunto |
| Condición lógica | Cumple la condición | No cumple la condición |

**Partición equivalente aplicada al sistema web.**

Descripción del caso:
El sistema web toma como datos de entrada el proceso y la línea de producción al que está asignado el mismo para el monitoreo correspondiente.
Reglas:

- Una orden de producción deberá ser planificada junto a un proceso y línea para un día y turno previo a su monitoreo.
- Se debe seleccionar un proceso y línea para el monitoreo a excepción del proceso general el cual contempla todas las líneas de producción.

En la Tabla 16 se muestra las clases de equivalencia de la aplicación web, la cual refleja las posibilidades válidas y no válidas de la misma.

Tabla 16: Clases de equivalencia sistema web.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Condiciones de entrada** | **Clases de equivalencia válidas** | **Clases de equivalencia no válidas** |
|---|---|---|
| Selección de Proceso y Línea de producción | Proceso y línea correspondiente.<br>Proceso general. | Proceso sin su línea correspondiente. |

En la Tabla 17 se presenta detalladamente los diferentes caminos mediante casos de pruebas a la aplicación web.

Tabla 17: Casos de prueba sistema web.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Condiciones de entrada** | **Clases de equivalencia válidas** | **Clases de equivalencia no válidas** |
|---|---|---|
| Selección de Proceso y Línea de producción | **1)** Proceso 'TROQUELADO', Línea 'L1 TROQUELADO'.<br><br>**3)** Proceso 'APARADO', Línea 'L1 CELULA'.<br><br>**5)** Proceso 'MONTAJE', Línea 'L1 MONTAJE'.<br><br>**7)** Proceso 'GENERAL', Línea 'vacío'. | **2)** Proceso 'TROQUELADO', Línea 'vacío'.<br><br>**4)** Proceso 'APARADO', Línea 'vacío'.<br><br>**6)** Proceso 'MONTAJE', Línea 'vacío'. |

**Partición equivalente aplicada al sistema móvil.**

Descripción del caso:
El sistema móvil toma como datos de entrada la orden de producción junto a los diferentes modelos y tallas que se planificaron para esa jornada de trabajo.
Reglas:

- Selección de orden de producción planificada.
- Selección del modelo planificado en la orden seleccionada a notificar.
- Selección de la talla planificada en la orden y modelo seleccionad a notificar.

En la Tabla 18 se muestra las clases de equivalencia de la aplicación móvil, la cual refleja las posibilidades válidas y no válidas de la misma.

Tabla 18: Clases de equivalencia sistema móvil.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Condiciones de entrada** | **Clases de equivalencia válidas** | **Clases de equivalencia no válidas** |
|---|---|---|
| Selección de orden de producción, modelos y tallas planificadas para su notificación. | Seleccionar la orden especificando el modelo y talla. | Seleccionar la orden y no especificar el modelo.<br><br>Seleccionar la orden y no especificar la talla. |

En la Tabla 19 se presenta detalladamente los diferentes caminos mediante casos de pruebas a la aplicación móvil.

Tabla 19: Casos de prueba sistema móvil.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Condiciones de entrada** | **Clases de equivalencia válidas** | **Clases de equivalencia no válidas** |
|---|---|---|
| Selección de Proceso y Línea de producción | **1)** Orden '1', Modelo 'SEGURIDAD INDUSTRIAL', Talla '24'. | **2)** Orden '1', Modelo 'vacío', Talla 'vacío'.<br><br>**3)** Orden '1', Modelo 'SEGURIDAD INDUSTRIAL', Talla 'vacío'. |

### 4.4.2. Pruebas de funcionamiento Sistema Móvil

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema móvil se planificó una pequeña orden de producción, Figura 40:

- Modelo: Seguridad Industrial
- Talla: 24
- Cantidad: 169 pares
- Proceso: Troquelado
- Tiempo estimado: 8 horas




Figura 40: Interfaz Principal Sistema Móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### 4.4.3. Pruebas de funcionamiento Sistema web

El funcionamiento de la aplicación web se comprobó a través de un monitoreo a una producción planificada, seleccionando un proceso y una línea de producción como se muestra en la Figura 41.

En la Figura 42 se puede apreciar de una forma detallada la planificación para una jornada laboral, la cual se va actualizando según el operario notifique nuevos pares.




Figura 41: Selección de Proceso Sistema Web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

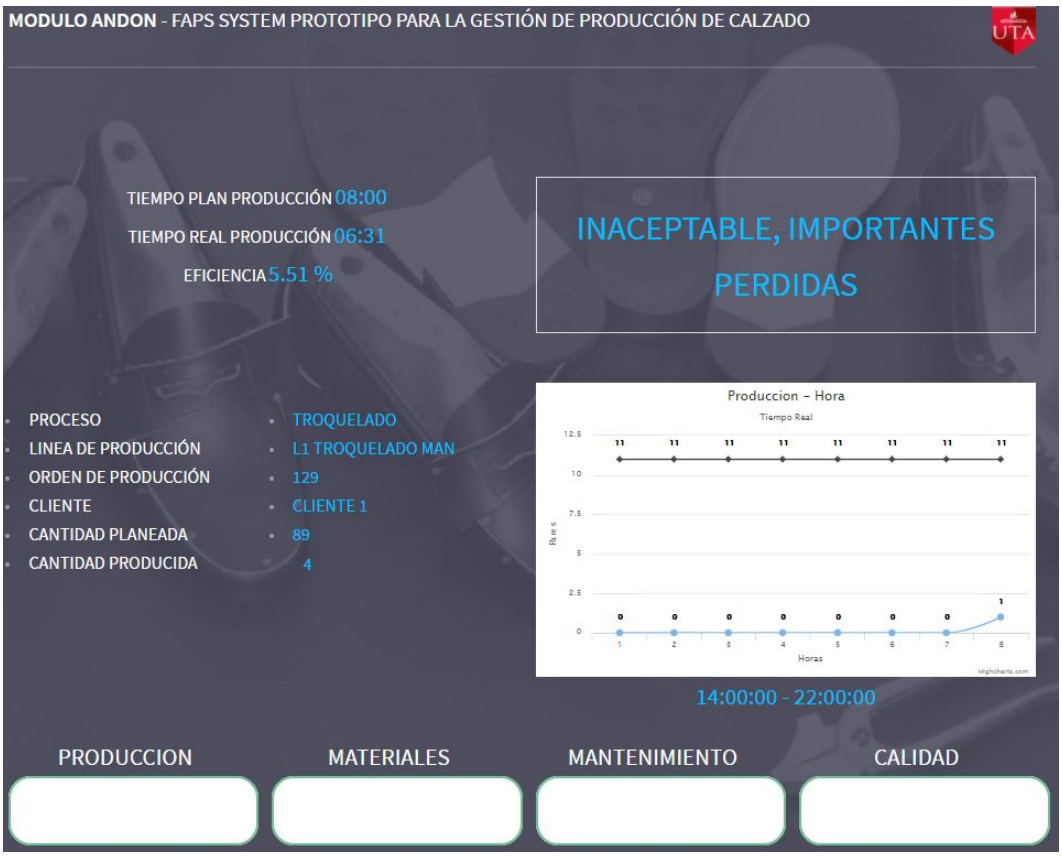



Figura 42: Interfaz Principal Sistema Web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Prueba de una alerta emitida

Para la prueba de una alerta emitida se notificó una fallo con respecto a la calidad del producto. Al presionar el botón de la respectiva alerta, el color del botón cambia como muestra la figura 43, al mismo tiempo en la interfaz principal del sistema web el cual se encuentra en monitoreo el estado de la producción ejecutada por la aplicación móvil, aparece una la notificación emitida anteriormente la cual muestra el nombre del dispositivo desde el que se envió la alerta como se muestra en la figura 44.




Figura 43: Sistema Móvil.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

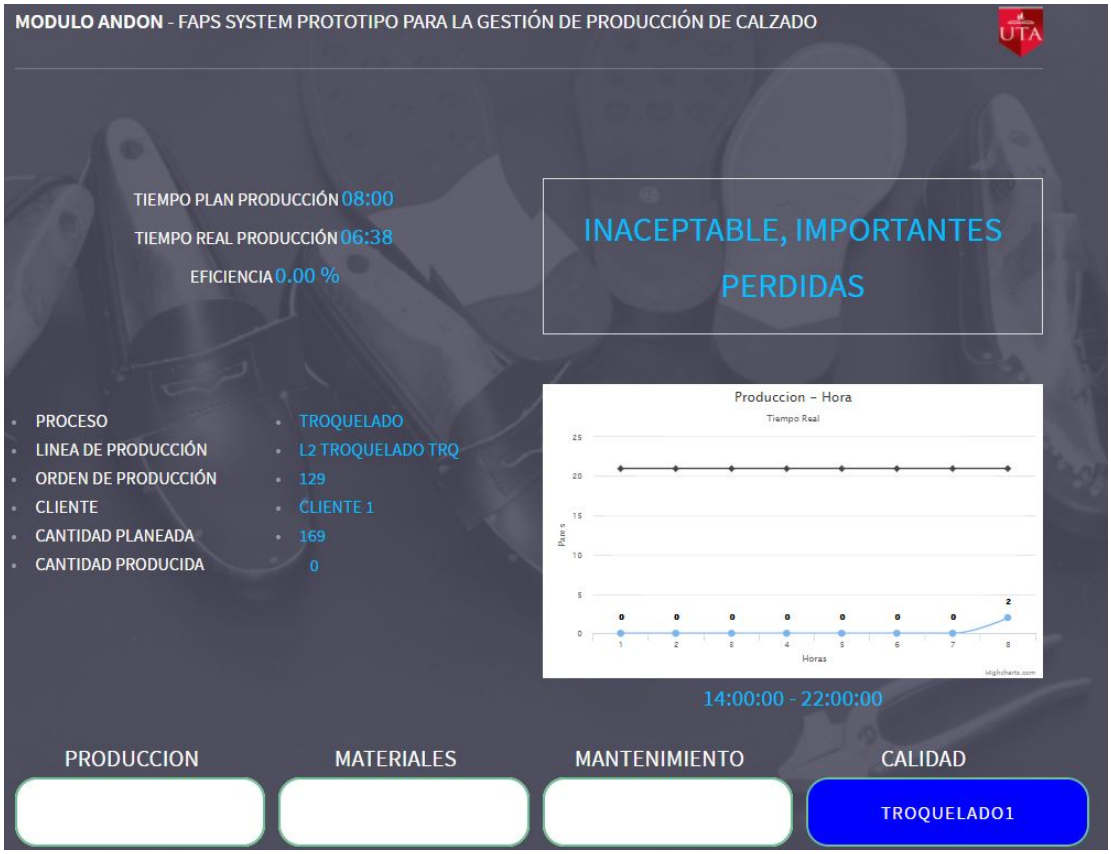



Figura 44: Sistema Web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### Prueba de tiempos de reacción ante fallos

Se simuló una orden de producción mediante el sistema FAPS del proyecto de investigación "Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado" para comprobar la optimización del desempeño de procesos y control de recursos. En las Tablas 20 y 21 se detalla la cantidad de pares que pasará por cada uno de los procesos pertinentes y el tiempo que tomará la ejecución de los mismos.

Tabla 20: Orden de producción distribuida por proceso a.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Día** | | **1** | **2** | **3** | **4** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Modelo** | **TROQUELADO** | | | | |
| Casual Hombre | Líneas de Producción | 1 | - | - | - |
| | Orden de Producción (pares) | 26 | - | - | - |
| | Tiempo producción (horas) | 1,07 | - | - | - |
| | **APARADO** | | | | |
| | Líneas de Producción | 1 | - | - | 1 |
| | Orden de Producción (pares) | 13 | - | - | 35 |
| | Tiempo producción (horas) | 1,62 | - | - | 4,44 |
| | **MONTAJE** | | | | |
| | Líneas de Producción | - | - | 1 | - |
| | Orden de Producción pares) | - | - | 50 | - |
| | Tiempo producción (horas) | - | - | 1,58 | - |
| | | | | | |
| Deportivo Mujer | **TROQUELADO** | | | | |
| | Líneas de Producción | 1 | - | - | - |
| | Orden de Producción (pares) | 50 | - | - | - |
| | Tiempo producción (horas) | 4,49 | - | - | - |
| | **APARADO** | | | | |
| | Líneas de Producción | - | 1 | - | - |
| | Orden de Producción (pares) | - | 63 | - | - |
| | Tiempo producción (horas) | - | 7,99 | - | - |
| | **MONTAJE** | | | | |
| | Líneas de Producción | - | - | - | 1 |
| | Orden de Producción (pares) | - | - | - | 61 |
| | Tiempo producción (horas) | - | - | - | 1,92 |

Tabla 21: Orden de producción distribuida por proceso b.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Día** | | **1** | **2** | **3** | **4** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Modelo** | **TROQUELADO** | | | | |
| Seguridad Industrial | Líneas de Producción | 1 | - | - | - |
| | Orden de Producción (pares) | 15 | - | - | - |
| | Tiempo producción (horas) | 0.71 | - | - | - |
| | **APARADO** | | | | |
| | Líneas de Producción | - | - | 1 | - |
| | Orden de Producción (pares) | - | - | 50 | - |
| | Tiempo producción (horas) | - | - | 6,34 | - |
| | **MONTAJE** | | | | |
| | Líneas de Producción | - | - | - | 1 |
| | Orden de Producción pares) | - | - | - | 15 |
| | Tiempo producción (horas) | - | - | - | 0,47 |
| | | | | | |
| | Tiempo Total (horas) | **7,89** | **7,99** | **7,92** | **6,83** |

Durante la ejecución de la orden de producción se presentan diversos inconvenientes, los cuales fueron notificados sin la aplicación del sistema de control Andon, Tabla 22 y con la aplicación del sistema de control Andon, Tabla 23.

Tabla 22: Tiempo de respuesta sin la aplicación del sistema de control Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Inconvenientes presentados en la orden de producción (Sin el sistema de control Andon)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tipo de situación** | **Día** | | | |
| | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Material | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Producción | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Calidad | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Mantenimiento | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **Tiempo de respuesta total (minutos)** | **16:25** | **8:15** | **12:35** | **12:05** |

Tabla 23: Tiempo de respuesta con la aplicación del sistema de control Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Inconvenientes presentados en la orden de producción (Con el sistema de control Andon)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tipo de situación** | **Día** | | | |
| | **1** | **2** | **3** | **4** |
| Material | 2 | 1 | 3 | 2 |
| Producción | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Calidad | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Mantenimiento | 1 | 1 | 0 | 0 |
| **Tiempo de respuesta total (minutos)** | **8:05** | **4:15** | **6:00** | **5:55** |

Realizando una comparación de los tiempos de respuesta ante anormalidades presentadas en la orden de producción antes y después de la aplicación de la herramienta Andon, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 24.

Tabla 24: Comparación tiempos improductivos.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Comparación tiempos de respuesta antes anormalidades** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Día | **1** | **2** | **3** | **4** |
| | **Sin aplicar sistema de control Andon** | | | |
| Cantidad de alertas notificadas | 4 | 2 | 3 | 3 |
| Tiempo de respuesta total (minutos) | 16:25 | 8:15 | 12:35 | 12:05 |
| | **Aplicando sistema de control Andon** | | | |
| Cantidad de alertas notificadas | 4 | 2 | 3 | 3 |
| Tiempo improductivo total (minutos) | 8:05 | 4:15 | 6:00 | 5:55 |
| **Diferencia tiempo de respuesta (minutos)** | **8:20** | **4:00** | **6:35** | **6:10** |

Al aplicar el sistema de control Andon a la orden de producción simulada, se

logró disminuir un 50 % los tiempos de reacción ante un fallo dentro de la misma, Figura 45.

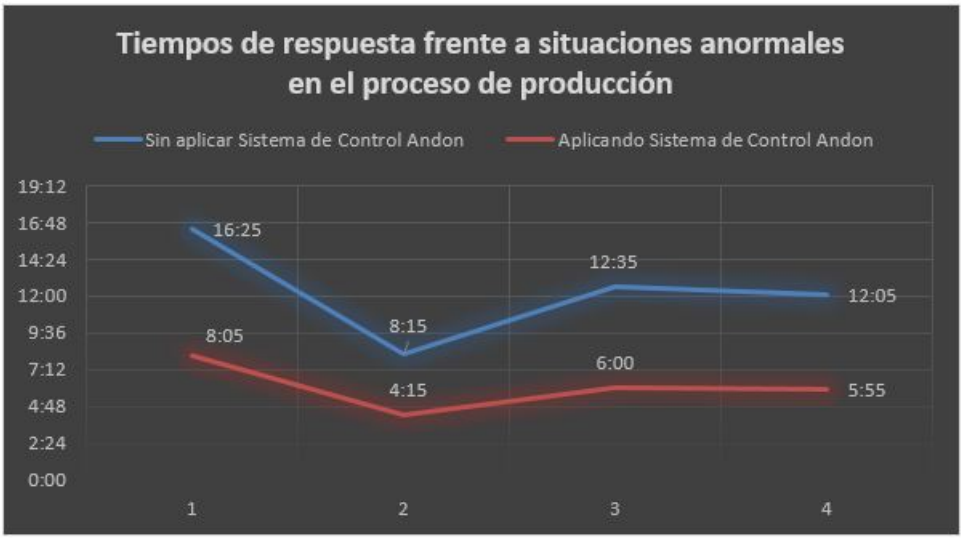



Figura 45: Gráfica tiempos improductivos.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Durante los tiempos de respuesta ante anormalidades dentro de la producción se detiene la misma ocasionando perdidas en la producción, para lo cual se hace una comparación de las perdidas sin la aplicación del sistema de control Andon, Tabla 25 y con la aplicación del sistema de control Andon, Tabla 26.

Tabla 25: Pares no producidos sin la aplicación del sistema de control Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| **Pares no producidos sin aplicar sistema de control Andon** | | | |
|---|---|---|---|
| **Día** | **Procesos** | | |
| | **Troquelado** | **Aparado** | **Montaje** |
| 1 | 4 | 2 | - |
| 2 | - | 1 | - |
| 3 | - | 1 | 4 |
| 4 | - | 1 | 4 |

Tabla 26: Pares no producidos con la aplicación del sistema de control Andon.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| Pares no producidos aplicando sistema de control Andon | | | |
|---|---|---|---|
| **Día** | **Procesos** | | |
| | **Troquelado** | **Aparado** | **Montaje** |
| 1 | 2 | 1 | - |
| 2 | - | 1 | - |
| 3 | - | 1 | 2 |
| 4 | - | 1 | 2 |

Al aplicar el sistema de control Andon se disminuye las perdidas en la producción de igual forma que en los tiempos de respuesta con un 50 % aproximadamente. Sin embargo hay que tener en cuenta que los valores presentados son estimados ya que se obtuvieron mediante una simulación de un entorno de producción de calzado.

## 4.5. Integración

### 4.5.1. Integrar los resultados de la aplicación de alertas tempranas al proyecto "Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado".

**Optimización operacional basada en un sistema dinámico esbelto de alerta de fallas en los procesos de producción para las industrias de calzado**

El propósito del proyecto es la optimización de la producción en las Industrias manufactureras de calzado en la provincia de Tungurahua. Fomentando una mejora a los métodos de producción de calzado mediante un sistema informático de alertas basado en el sistema de control Andon.
El sistema informático consta de dos etapas:
La primera etapa comprende el desarrollo de un sistema informático encargado de la administración y planificación de ordenes de producción de calzado. Dentro del modulo de planificación la orden de producción se distribuye en número de días y turnos dependiendo de la carga laboral del mismo.
En la segunda etapa se implementa un sistema informático para control y monitoreo basado en el sistema de control Andon, el cual refleja la producción

planeada en una jornada laboral para su debida notificación de pares, ademas de la gestión de alertas en cuanto a fallos o inconvenientes encontrados en la misma. Mediante la información generada por los sistemas informáticos trabajando en conjunto se obtienen reportes de la eficiencia producida en la ejecución de ordenes de producción planificadas.

Al culminar con el presente tema de investigación, el Coordinador de la Unidad de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial emitió un certificado expresando el cumplimiento de las actividades planteadas, presentado en el Anexo C.

# CAPÍTULO 5

## Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- La implementación del software informático para control y monitoreo basado en el sistema de control Andon optimiza el desempeño de procesos en entornos de producción de calzado ya que minimiza los tiempos de respuesta ante fallos producidos durante la producción y pares no producidos dichos inconvenientes en un 50 % aproximadamente.
- El sistema de control Andon es adaptable en los entornos de producción de calzado en su totalidad ya que los mismos cuentan con procesos repetitivos para la fabricación de sus productos, ademas de contar con un método de producción por lotes, siendo estos los prerrequisitos para la correcta aplicabilidad de Andon.
- El lenguaje unificado de modelado (UML) permitió determinar de forma visual la función operacional de cada proceso para el control de alertas en entornos de producción.
- En los diferentes procesos de producción se frecuenta el uso de la tecnología móvil para mejorar su eficiencia gracias a la versatilidad de su adaptación a cualquier entorno industrial a un bajo costo.
- El sistema desarrollado permite mantener un control en tiempo real a la producción permitiendo la detección oportuna de problemas o inconvenientes dentro de la misma; acortan los tiempos de inactividad gracias a una reacción inmediata para dar solución a dichos inconvenientes.
- La integración de los resultados al proyecto de investigación, permiten el control y monitoreo a las diferentes ordenes de producción planificadas con los siguientes procesos:
    1. Visualizar el estado de la orden de producción con su respectiva eficiencia en tiempo real.

2. Generar reportes sobre el estado de la producción junto a las alertas emitidas en la misma.
3. Generar reportes con la eficiencia por hora que se obtuvo durante el transcurso o ejecución de una orden de producción.

## 5.2. Recomendaciones

- Para la ejecución del proceso de notificación automática de nuevos pares así como los inconvenientes generados dentro de la producción, se recomienda como trabajo futuro la adaptación de sensores a la maquinaria con la finalidad de agilitar dichos procesos.
- Para trabajos futuros se recomienda la implementación de un módulo el cual permita el envío de notificaciones al correo electrónico o a su vez a un teléfono móvil al supervisor de planta, detallando todos los inconvenientes en la producción junto a la causa del mismo.
- Para un posible trabajo futuro se recomendaría la implementación de una característica dentro de la aplicación móvil la cual permite visualizar sugerencias para dar solución a los fallos encontrados en la producción para minimizar tiempos improductivos.

## Bibliografia


[1] K. Chien-Ho and K. Jiun-De, "Performance analysis of andon system using wireless communication," *Department of Electronics and Communication Engineering, Guru Nanak Dev Engineering College, Bidar, Karkanata, India*, no. 4, pp. 444–458, 2015.

[2] A. Shivleel, Rekha, and S.Anuradha, "Making formwork construction lean," *Journal of Civil Engineering and Management*, no. 1, pp. 360–363, 2015.

[3] C. Minalla, "Avances tecnológicos en ecuador," 2011. [Online] Available: http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cinvestigaciones%5Cestudiantes%5Ctrabajos_de_clases/26954_2011_PASANTIAS_TRECALDE_000000682.pdf.

[4] E. Universo, "Innovación y diseño son aún un desafío para el zapato ecuatoriano," 2015. [Online] Available: http://www.eluniverso.com/noticias/2015/07/19/nota/5024746/innovacion-diseno-son-aun-desafio-zapato-local.

[5] C. de Comercio Internacional, "La tecnología móvil: Propulsora de cambio y oportunidades en los países en desarrollo," 2009. [Online] Available: http://www.forumdecomercio.org/La-tecnolog%C3%ADa-m%C3%B3vil-Propulsora-de-cambio-y-oportunidades-en-los-pa%C3%ADses-en-desarrollo/.

[6] M. Directo, "¿qué beneficios tiene la implantación de una estrategia de lean manufacturing?," 2015. [Online] Available: http://www.marketingdirecto.com/marketing-general/tendencias/que-beneficios-tiene-la-implantacion-de-una-estrategia-de-lean-manufacturi

[7] M. Martínez, "Sistema andon," 2012.

[8] G. Rodríguez and J. Cárdenas, "Sistema de adquisición de datos para la gestión de producción," 2014.

[9] C. Rivadeneira and C. Ligña, "Diseño e implementación de un sistema automatizado de ayuda inmediata en el proceso de manufactura en la planta de arneses de mundy home cia. ltda," 2012.

[10] R. A. Díaz Sierra, "Diseño de una estrategia de productividad para el área de operaciones de una industria farmacéutica mexicana," 2010.

[11] P. Quintana, "Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en técnicas de lean manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la sección de confección de colchones en una empresa productora de espuma," 2010.

[12] A. Lajevardi, I. R. Endut, and S. Paydar, "Application of lean model to reduce waste of time in construction case study of concreting task in malaysia," *2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering*, pp. 345–350, 2011.

[13] L. T. and C. A., "Feasibility evaluation and optimization of a smart manufacturing system based on 3d printing: A review," *International Journal of intelligent Systems*, no. 4, pp. 394–413, 2017.

[14] B. S. and B. S., "Transformation flow value as a strategic tool in project production," *Lean Construction Journal IGLC*, no. 4, pp. 33–40, 2011.

[15] R. R. Inman, D. E. Blumenfeld, N.Huang, and J. Li, "Survey of recent advances on the interface between production system design and quality survey of recent advances on the interface between production system design and quality," *IIE Trans.*, no. 45, pp. 557–574, 2013.

[16] M. Qiang, D. Yu-feng, X. Ting, and W. Shun-li, "Research of visualization monitoring technology based on internet of things in discrete manufacturing process," *2015 2nd International Symposium on Dependable Computing and Internet of Things (DCIT)*, pp. 128–133, 2015.

[17] B. López Salazar, "Andon: control visual," 2016. [Online] Available: `http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/andon-control-visual/`.

[18] Leanroots, "Andon," 2010. [Online] Available: `http://leanroots.com/ANDON.html`.

[19] Proecuador, "Cuero y calzado," 2015. [Online] Available: `http://www.proecuador.gob.ec/compradores/oferta-exportable/cuero-y-calzado/`.

[20] P. Eschborn, *Guía práctica para la fabricación de calzado de paises en desarrollo*. Ministerio Federal de Cooperación Economica, 1998.

[21] R. Lideres, "La producción de calzado pisa fuerte en el país," 2011. [Online] Available: http://www.revistalideres.ec/lideres/produccion-calzado-pisa-fuerte-pais.html.

[22] C. Ble, "Modelo en cascada," 2013. [Online] Available: http://librosweb.es/libro/tdd/capitulo_1/modelo_en_cascada.html.

[23] A. Mocholí, "Desarrollo de aplicaciones móviles para empresas," 2016. [Online] Available: https://www.yeeply.com/blog/desarrollo-de-aplicaciones-moviles-empresas/.

[24] I. Serrano Regol, "Consejos para el diseño de aplicaciones móviles," 2013. [Online] Available: http://www.ivoserrano.com/diseno-web/consejos-para-el-diseno-de-aplicaciones-moviles/.

[25] Difadi, "Desarrollo de aplicaciones web a medida," 2016. [Online] Available: http://www.difadi.com/desarrollo-de-aplicaciones-web.php.

[26] Md, "La importancia de contar con una página web en la era del nuevo consumidor," 2015. [Online] Available: https://www.marketingdirecto.com/digital-general/digital/la-importancia-de-contar-con-una-pagina-web-en-la-era-del-nuevo-consumidor

[27] P. V. Rodriguez, "Diseño de interfaces hombre - máquina (hmi)," 2011.

[28] A. Kotwal, S. S. Dhami, and S. Singh, "Evaluation of machine downtime and failure analysis of components in paint manufacturing unit: Review paper," *Int. J. Mech. Ind. Technol. ISSN*, no. 1, pp. 170–174, 2015.

[29] K. K. McKee, G. L. Forbes, I. Mazhar, R. Entwistle, and I. Howard, "A review of machinery diagnostics and prognostics implemented on a centrifugal pump," *Eng. Asset Manag.*, pp. 593–614, 2011.

[30] A. Krijnen, *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. 2007.

[31] f. Guerra, "Boquillas y punzones para troqueles de calzado," 2017. [Online] Available: http://www.cibagar.com/cibagar/app/productos/productos.asp?id_familia=fle&id_categoria=2&idioma=es.

[32] G. Elías, "La industria del calzado atraviesa un camino lleno de obstáculos," 2016. [Online] Available: http://www.lanueva.com/la-region-impresa/883625/la-industria-del-calzado-atraviesa-un-camino-lleno-de-obstaculos.html.

[33] CEFIRE, "Centro de formación, innovación y recursos educativos de elda," 2017. [Online] Available: http://www.lavirtu.com/albumes.asp?idcategoria=63565.

[34] J. Zolezzi, "¿qué son los servidores web y por qué son necesarios?," 2010. [Online] Available: https://www.duplika.com/blog/que-son-los-servidores-web-y-por-que-son-necesarios.

[35] M. Rouse, "Internet information services (iis)," 2017. [Online] Available: http://searchwindowsserver.techtarget.com/definition/IIS.

[36] E. Salazar, "Procedimiento para realizar pruebas de caja blanca," 2015. [Online] Available: http://www.informatica-juridica.com/trabajos/procedimiento-realizar-pruebas-caja-blanca/.

[37] G. Terrera, "Pruebas de caja negra y un enfoque práctico," 2017. [Online] Available: http://testingbaires.com/pruebas-caja-negra-enfoque-practico/.

# Anexos y Apéndices

# Anexo A

Anexo A

## Documento de especificación de requerimientos

### A.1. Introducción

#### A.1.1. Propósito

En el presente documento se busca especificar los diferentes requerimientos para el "SISTEMA INFORMÁTICO PARA CONTROL Y MONITOREO BASADO EN EL SISTEMA DE CONTROL ANDON PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DE PROCESOS Y CONTROL DE RECURSOS EN LA MANUFACTURA DE CALZADO DE CUERO"; junto a un análisis de los objetos con los cuales se van a interactuar buscando una mejor comprensión del problema.

#### A.1.2. Alcance

El sistema de control y monitoreo permitirá a la Industrias Manufactureras de calzado en la provincia de Tungurahua que conforman CALTU mantener un control en tiempo real a los diferentes procesos que conllevan a la fabricación de su producto final denominado calzado. De la misma manera le ayudará a tomar decisiones basadas en los informes generados con información detallada de los mismos.

#### A.1.3. Definiciones, acrónimos y abreviaciones

CALTU: Cámara Nacional del Calzado.

### A.2. Descripción General

#### A.2.1. Perspectiva del producto

La propuesta planteada cumplirá con los requerimientos posteriormente mencionados en el presente documento; los requerimientos a cumplir, serán seleccionados por los coordinadores del proyecto, en lo que se presenta gran relevancia para resolver el problema.

#### A.2.1.1. Interfaces de Usuario

El sistema debe proveer interfaces que faciliten la interacción de los usuarios con la aplicación tanto móvil como web enfocadas a permitir la ejecución de los casos de uso definidos para la herramienta.
Las interfaces que comprenden la aplicación móvil son:

- Inicio de Sesión
- Monitoreo de la Producción y Gestor de Alertas Andon
- Cambio de Orden de producción
- Producción no Planificada
- Agregar un nuevo dispositivo

Las interfaces que comprenden la aplicación web son:

- Selección de procesos a monitorear
- Pantalla monitoreo Andon
- Generación de reportes

#### A.2.1.2. Interfaces de Hardware

La aplicación móvil deberá contar con una conexión inalámbrica (wifi) para poder conectarse a la red interna dentro de la empresa.
Para la ejecución de la aplicación web se necesita un monitor o un smart tv, el cual deberá contar con las siguientes interfaces hardware:

- Tarjeta de red
- Wifi

Es necesario que posea una de las dos interfaces para su correcto funcionamiento.

#### A.2.1.3. Interfaces de Software

En el caso de usar PostgreSql como el gestor de base de datos principal, se usaría su ODBC como interfaz entre la base de datos.
Para ayudar al ejecutar las diferentes transacciones en la base de datos se utilizará servicios web, los cuales son los intermediarios entre el usuario y la base de datos en el servidor.

## A.3. Especificación de requerimientos

### A.3.1. Sistema Actual

Caltu no cuenta con un sistema de monitoreo en tiempo real para sus ordenes de producción, aunque tienen registros generales de la producción no son suficientes para obtener informes mensuales de su actividad laboral, por lo tanto se ven en la necesidad de adquirir un sistema de con las características previamente mencionadas.

### A.3.2. Restricciones de Diseño

Las aplicaciones a desarrollar tendrán en cuenta las siguientes restricciones en cuanto a su diseño:

#### A.3.2.1. Implementación Arquitectura

Teniendo presente las condiciones actuales de los diferentes procesos dentro de la fabricación de calzado se debe manejarse una arquitectura de dos niveles, cliente servidor.
La arquitectura mencionada constará de un servidor y varios clientes para cada unos de los procesos junto a su línea de producción, con el objetivo de satisfacer las necesidades de un entorno industrial.

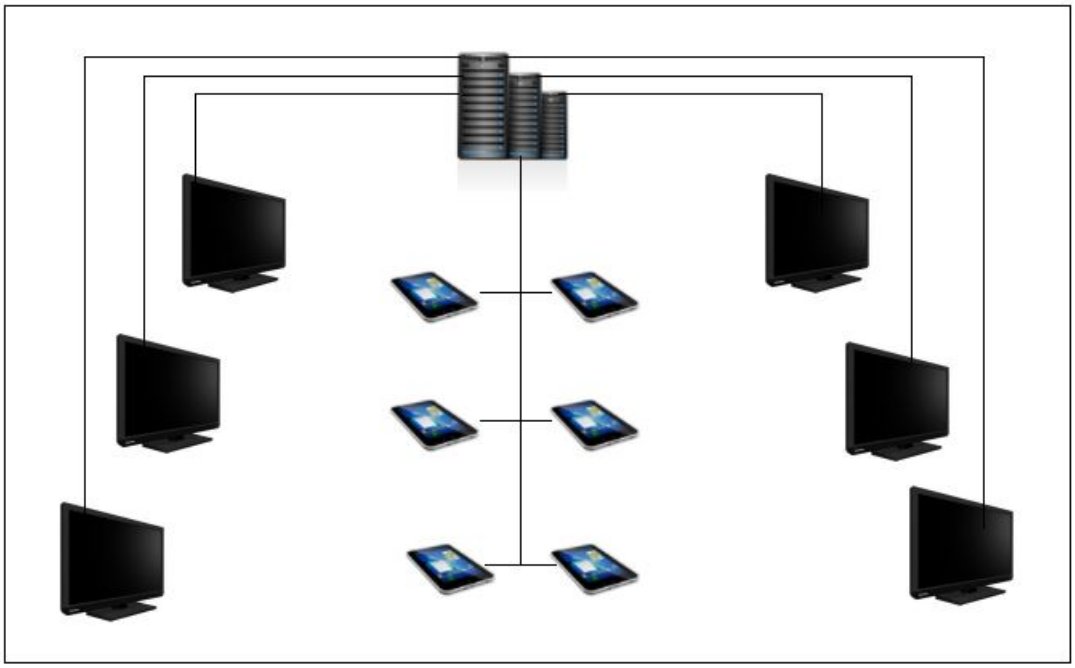


Figura 46: Arquitectura requerida.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

### A.3.3. Requerimientos funcionales

- El sistema debe permitir Monitorear cada uno de los procesos que conllevan a fabricar el producto denominado calzado dentro de la jornada laboral.
- El sistema debe calcular la eficiencia en tiempo real de la producción para las diferentes jornadas laborales.
- El sistema debe presentar mediante un gráfico estadístico el estado de la producción distribuido en horas para la jornada laboral.
- El sistema debe contar con modulo para generar reportes de las ordenes de producción finalizadas.

En los requerimientos funcionales presenta un nivel de la necesidad junto a el estado de desarrollo del mismo y en la versión en la que se encuentra.
A la necesidad se la puede calificar de la siguiente manera:

- Esencial: E
- Condicional: C
- Opcional: O

Se puede presentar los siguientes estados:

- Abierto: A
- Cerrado: C

Tabla 27: Requerimientos funcionales.

Elaborado por: Ricardo Pazmiño

| ID | Requerimiento | Necesidad | Estado | Versión |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Monitoreo de cada proceso de producción | E | A | 1 |
| 2 | Calculo de eficiencia de la producción | E | A | 1 |
| 3 | Gráfico estadístico con el estado de la producción | E | A | 1 |
| 4 | Presentación de información de órdenes de producción | E | A | 1 |

#### A.3.3.1. Actores

Administrador: Se encarga de Monitorear los diferentes procesos en la producción
Operador: Notifica un nuevo par dependiendo en el proceso de producción en el que se encuentre.

### Usabilidad

La interacción entre el usuario final y la aplicación móvil sera a través de botones táctiles para cada una de las acciones que se le permita, contando con una interfaz amigable e intuitiva y de fácil comprensión para el usuario.
La interacción entre el Administrador y la aplicación web sera a través de botones en pantalla con la ayuda de un mouse para la selección de procesos a monitorear , contando con una interfaz amigable e intuitiva y de fácil comprensión para el Administrador.

### Confiabilidad

EL acceso a la aplicación será controlada mediante una validación de usuario, contraseña y roles. Por lo tanto el usuario debe ser asignado por parte del Administrador quien le facilitará un nombre de usuario y una contraseña asociado a un rol, el cual definirá los permisos y funcionalidades que tendrá el usuario sobre el sistema.

### Soporte y mantenimiento

Para el soporte de la aplicación, deberá contar con un manual de usuario, el cual detalla a profundidad la manera de proceder de los usuarios ante el sistema en cuestión , ayudando en caso de encontrarse con un problema de la funcionalidad del sistema.
El manual de usuario deberá ser impartido a cada usuario que hará uso del sistema.

### Información a tener en cuenta

### Metadatos

Los usuarios que manipularán las aplicaciones serán responsables de la integridad y calidad de los datos ingresados en la base de datos mediante el uso de la aplicación, por consiguiente dependerá de los mismos el buen uso y correcto funcionamiento al momento de analizar los datos y mostrarlos en los respectivos reportes que se generen desde la aplicación.

# Anexo B

## Anexo B

### Manual de Usuario

Es un sistema que permitirá minimizar los tiempos de reacción a posibles fallos o eventos anormales dentro de la jornada de producción en las industrias manufactureras de calzado, para así enfocarse más en dar solución a los mismos disminuyendo los tiempos improductivos. El sistema cuenta con dos aplicaciones una móvil y una web.

### Sistema Móvil

- Inicio de Sesión
- Monitoreo de la Producción y Gestor de Alertas Andon
- Cambio de Orden de producción
- Producción no Planificada
- Agregar un nuevo dispositivo

### Inicio de sesión

Para comenzar el uso de las funcionalidades de la aplicación móvil se debe iniciar sesión, figura 44.

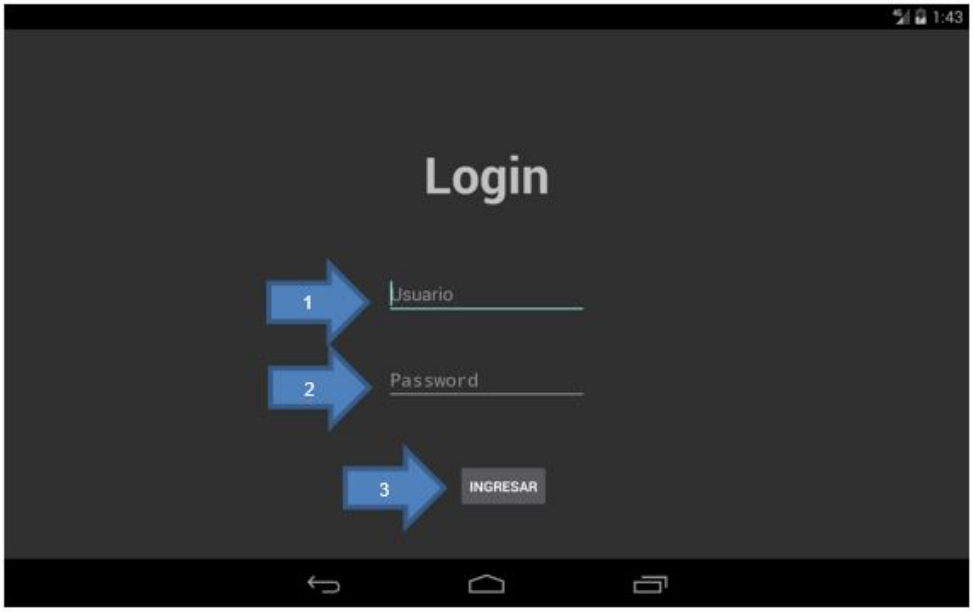



Figura 47: Manual Usuario Login.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

Detalle proceso inicio de sesión:

1. Cuadro de texto donde se ingresa el usuario respectivo.
2. Cuadro de texto donde se ingresa la contraseña para el usuario ingresado previamente.
3. Ingresado tanto el usuario como la contraseña se pulsa el botón para el debido ingreso a la aplicación.

### Monitoreo de la Producción y Gestor de Alertas Andon

Al ingresar correctamente a la aplicación mediante el inicio de sesión se mostrará la siguiente pantalla para la gestión de la producción y alertas, figura 45.




Figura 48: Manual Usuario Monitoreo.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Detalle de la gestión de producción.
   *a*) Proceso en ejecución
   *b*) Linea de producción
   *c*) Turno actual
   *d*) Orden de producción junto al cliente que hizo el pedido
2. Aparecen todos los modelos para la orden de producción seleccionada.
   *a*) El objeto donde se muestran los modelos cuenta con una característica llamada scroll view la cual permite deslizar para encontrar mas modelos en el caso de que exista una cantidad de modelos que sobrepase los soportados por la pantalla.
3. Aparecen todas las tallas para la orden de producción y el modelo seleccionado.
   *a*) El objeto donde se muestran las tallas cuenta con una característica llamada scroll view la cual permite deslizar para encontrar mas tallas en el caso de que exista una cantidad de tallas que sobrepase los soportados por la pantalla.
4. Muestran la cantidad planeada y producida del modelo y talla seleccionado en la orden de producción seleccionada.

5. Botón para notificar un nuevo par del modelo y talla seleccionado en la orden de producción seleccionada.

6. Botón para finalizar la orden de producción actual.

    *a*) Al presionar el botón muestra un pequeño resumen de la producción actual, permitiendo decidir si se desea finalizar la misma o no ya que al finalizar la orden de producción no se permitirá cambio alguno.

7. Botón para cambiar la orden de producción.

    *a*) Al presionar este botón, se redirige a una nueva pantalla, figura 3 la cual se explica en el siguiente apartado.

8. Botón para ingresar un nuevo par que no se haya planificado para la orden actual.

9. Sección de Alertas Andon.

    *a*) Botones para cada uno de las anormalidades dentro de una orden de producción.

    *b*) Al presionar una alerta se muestra la misma en el sistema web, mientras tanto esperar a que el supervisor llegue al puesto de trabajo para solucionar el problema encontrado.

    *c*) Cuando el supervisor llegue al puesto de trabajo tiene que presionar el botón de la alerta emitida por el operario para así comenzar a dar solución al problema.

    *d*) Solucionado el problema se presiona por última vez el botón de la alerta para dar por finalizado el proceso.

**Cambio de Orden de producción**

El cambio de orden de producción se lo hace mediante la siguiente interfaz, figura 46.




Figura 49: Manual Usuario Cambio de Orden.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. En una vista desplegable se presentan todas las ordenes de producción que están previstas a realizarse en la jornada de trabajo para el usuario u operario que se encuentre usando la aplicación.

2. Botón para regresar a la pantalla “Monitoreo de la Producción y Gestor de Alertas Andon” con la orden de producción nueva que se ha seleccionado.

3. Sección de Alertas Andon.

### Producción no Planificada

Para el ingreso de un par que no se encuentre planificado para la jornada de trabajo es necesario notificarlo dentro de esta interfaz, figura 47.




Figura 50: Manual Usuario Producción No Planificada.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Vista desplegable con todos los modelos disponibles.
2. Vista desplegable con todas las tallas disponibles.
3. Botón para notificar un nuevo par del modelo y talla seleccionada.
4. Cuadro donde se muestra la cantidad de pares notificados para el modelo y talla seleccionado.
5. Botón para regresar a la pantalla “Monitoreo de la Producción y Gestor de Alertas Andon” con la orden de producción con la cual se estaba trabajando.
6. Sección de Alertas Andon

### Agregar un nuevo dispositivo

El administrador tiene que agregar un dispositivo móvil mediante la interfaz, figura 48 para el debido uso de la aplicación.




Figura 51: Manual Usuario Nuevo Dispositivo.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Cuadro de texto para ingresar el nombre des dispositivo.
2. Botón para agregar el dispositivo a la lista de dispositivos disponibles.
3. Botón para regresar a la pantalla de inicio de sesión.

### Sistema Web

- Selección de procesos a monitorear
- Pantalla monitoreo Andon
- Generación de reportes

### Selección de procesos a monitorear

Para el monitoreo de la producción en tiempo real hay que elegir unos parámetros como se muestra, figura 49.




Figura 52: Manual Usuario Selección Procesos.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Vista desplegable con todos los procesos disponibles a monitorear.
2. Vista desplegable con todas las líneas de producción para el proceso seleccionado.
3. Botón para empezar a monitorear la producción.

### Pantalla monitoreo Andon

Seleccionado el proceso y línea de producción se procede a monitorear la producción, figura 50.

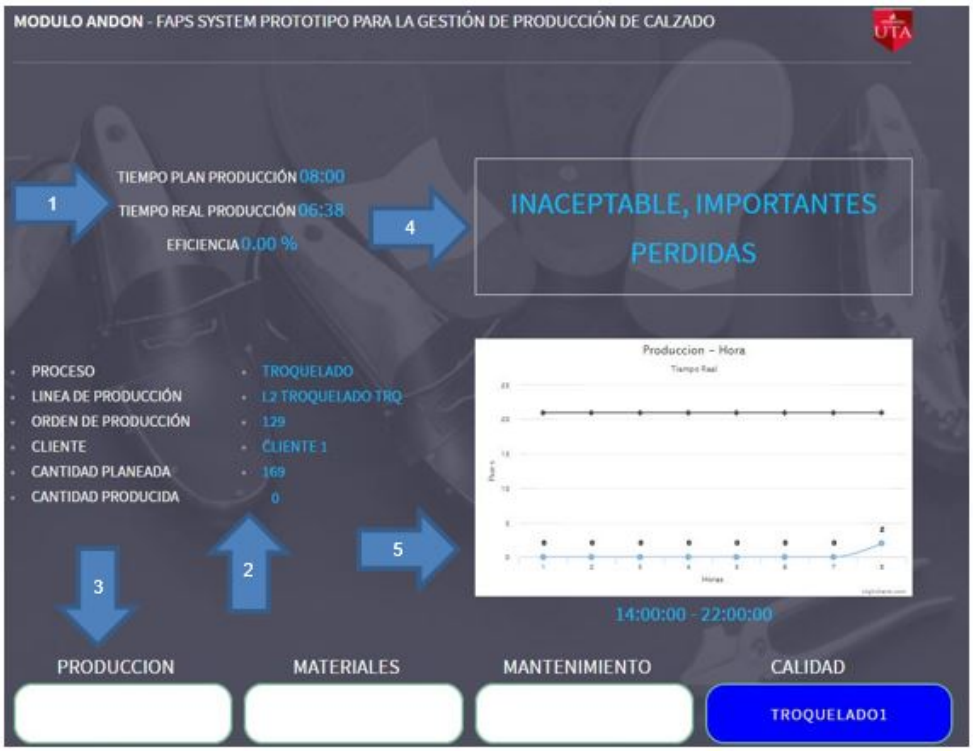



Figura 53: Manual Usuario Monitoreo Web.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Sección de tiempos y eficiencia.
   a) Tiempo planificado para la producción.
   b) Tiempo real de la producción.
   c) Eficiencia.
2. Sección de parámetros y producción actual.
   a) Proceso previamente seleccionado.
   b) Línea de producción previamente seleccionada.
   c) Número de la orden de producción.
   d) Cliente.
   e) Cantidad total de los modelos y tallas para la orden de producción planeada.
   f) Cantidad total de los modelos y tallas para la orden de producción real o notificada. 3.
3. Sección de Alertas Andon

   a) Cuadros que muestran las alertas emitidas por la aplicación móvil, la cual se enciende y muestra el nombre del dispositivo.

4. Estado de la producción dependiendo de la eficiencia mostrada.

5. Grafico en tiempo real que muestra cómo va la producción dentro de una jornada de trabajo.
   a) Muestra cuantos pares se deberían realizar por hora.
   b) Muestra la producción real.

### Generación de reportes

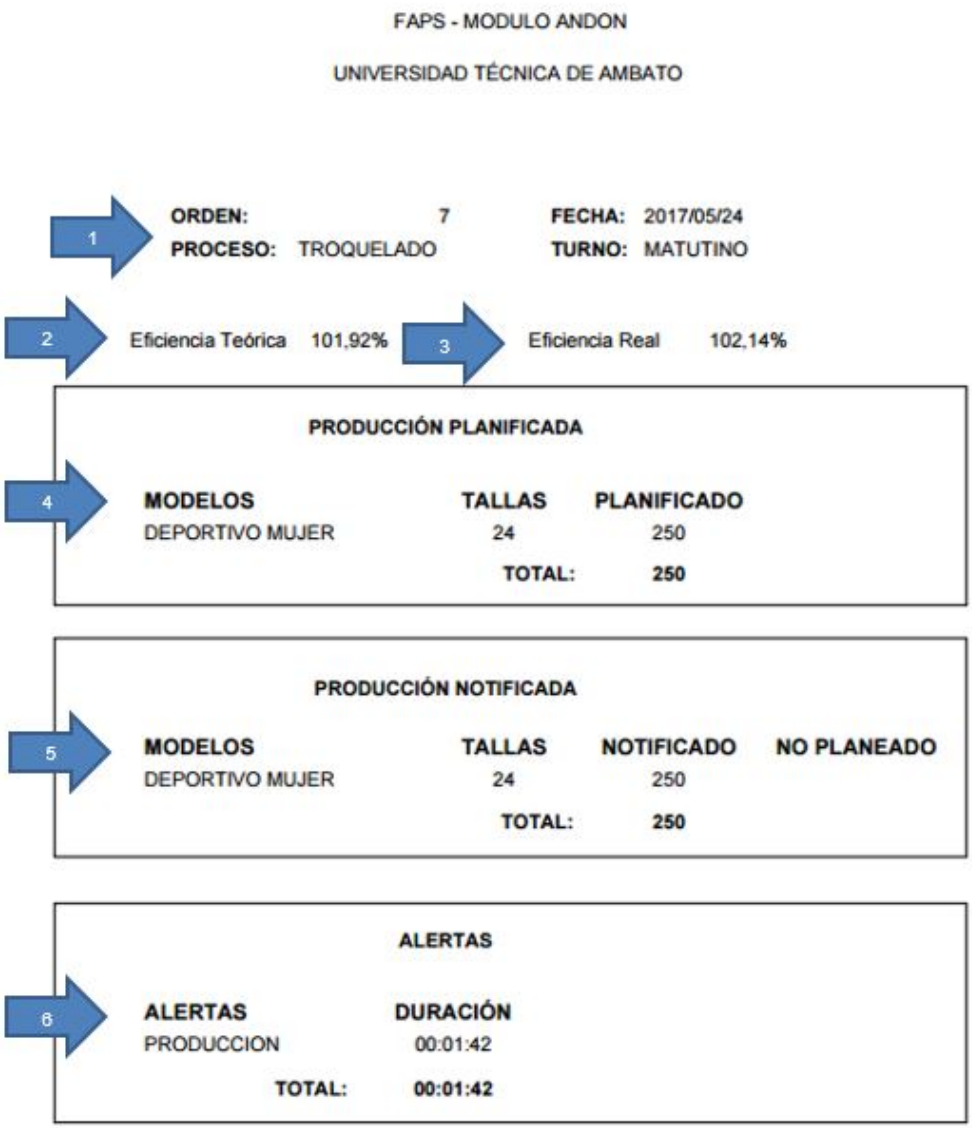



Figura 54: Manual Usuario Reportes.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño

1. Sección de parámetros del reporte.
   a) Orden de producción
   b) Proceso
   c) Fecha
   d) Turno
2. Eficiencia teórica.

3. Eficiencia real.

4. Producción planificada

    *a*) Muestra todos los modelos con sus respectivas tallas que se planificaron con los parámetros previamente seleccionados

5. Producción notificada.

    *a*) Muestra todos los modelos con sus respectivas tallas que se notificaron con los parámetros previamente seleccionados incluyendo la producción no planificada.

6. Sección alertas

    *a*) Muestra las alertas emitidas dentro de la jornada de trabajo seleccionado junto a los tiempos de las mismas.

## Anexo C

**Anexo C**

Certificación emitida por el Ing. Mg. John Reyes Coordinador Unidad de Investigación y Desarrollo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
UNIDAD OPERATIVA DE INVESTIGACIÓN
Cdla. Universitaria (Predios Huachi). Casilla 334
Telefax: 032851894 – 032411537, email: fisuta@gmail.com
AMBATO - ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Coordinador de la Unidad Operativa de Investigación y Desarrollo **UODIDE,** de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, tengo a bien CERTIFICAR que el señor **RICARDO JOSÉ PAZMIÑO GARCÉS,** con cédula de identidad 1804355111, estudiante de la Carrera de Sistemas Computacionales e Informáticos, participó en calidad de Asistente de Investigación del Proyecto "**Optimización Operacional Basada en un Sistema Dinámico Esbelto de Alertas de Fallas en los Procesos de Producción para las Industrias de Calzado",** bajo Coordinación del suscrito. Prestó sus servicios desde **el 14 de octubre del 2016 hasta el 20 de junio del 2017.** Con esta actividad se encuentra vinculado al desarrollo de su proyecto de investigación "**Sistema Informático para el Control y Monitoreo Basado en el Sistema de Control ANDON para Mejorar el Desempeño de Procesos y Control de Recursos en la Manufactura de Calzado de Cuero",** cumpliendo a cabalidad el desempeño en sus funciones, las mismas que demostró responsabilidad y eficiencia durante el desarrollo del proyecto, ha realizado las siguientes actividades:

- Analizar el sistema de control visual Andon y su adaptabilidad a los entornos de producción de calzado.
- Diseñar los procesos para el control de alertas en el entorno de producción de calzado basado en Andon.
- Desarrollar la aplicación basada en el sistema de alertas Andon.

Es todo cuanto puedo certificar en honor de la verdad, por lo tanto faculto al señor Pazmiño hacer uso del presente para fines pertinentes.

Ambato junio 28, 2017

Lo Certifica,

UNIDAD OPERATIVA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO · FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL · UODIDE-FISEI

Ing. Mg. John Reyes Vásquez
Coordinador Unidad de Investigación y Desarrollo
Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

Figura 55: Certificado UODIDE.
Elaborado por: Ricardo Pazmiño