



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

AREA ACADEMICA INGENIERIA MECATRONICA

Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de Empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica Ltda.

Informe de proyecto de graduación para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con grado académico de Licenciatura

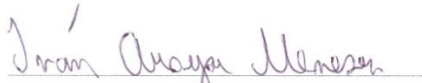
WILLIAM RAMÍREZ ESPINOZA

Cartago, Junio de 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
ACTA DE APROBACIÓN

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal



Ing. Iván Araya Meneses

Profesor lector



Ing. Yeiner Arias Esquivel

Profesor lector



Ing. Ana Lucía Morera Barquero

Profesora asesora

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Carrera de Ingeniería Mecatrónica

Cartago, Junio de 2016

Declaratoria de autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, Junio del 2016



Firma del autor

William Francisco Ramírez Espinoza

Céd: 402190146

RESUMEN

En este documento se describe cada una de las etapas necesarias para llevar a cabo el desarrollo del proyecto “*Sistema para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de Empaque para productos moldeados por inyección en Panduit de Costa Rica Ltda*”, en donde se abarcará diferentes fases metodológicas como las generalidades del proyecto, el proceso de diseño, con su respectivo análisis, selección de la solución y las pruebas e implementación del sistema de monitoreo del proceso.

Para poder entender el problema presentado por parte de Panduit, se iniciara estableciendo ciertas generalidades que se encontrarán a lo largo del proyecto tanto como definiciones y explicaciones de procesos dentro del área en donde se desea realizar las mejoras.

El proyecto viene a monitorear la producción dentro de la línea de empaque de moldeo, con la ayuda de estándares mundiales de productividad como es el OEE (Eficiencia General de los Equipos) el cual se calcula a partir de indicadores de calidad, eficiencia, y productividad, y al obtener el OEE permitirá justificar con resultados reales de productividad para tomar decisiones de mejora en la planta.

También para mejorar la productividad y confiabilidad del proceso de empaque se analizará una propuesta para implementar un robot en una de las líneas de empaque.

Palabras clave: LabView, OEE, Base de Datos, Panduit, Robot.

SUMMARY

This document describes each one of the steps necessary to carry out the project "System to improve productivity and reliability of the packaging process by molded injection of Panduit of Costa Rica Ltda." Different phases are covered methodologically as: overview of the project, the design process with its own analysis, solution selection and implementation of a testing and process monitoring system.

To understand the problem presented by Panduit, it will start by establishing certain generalities that will be found throughout the project, such as definitions and explanations of processes within the area where improvements are wanted.

The project is to monitor production within the molding packaging line, with the help of global productivity standards such as OEE (overall equipment effectiveness) which is calculated from indicators of quality, efficiency, and productivity. Obtaining the OEE will justify, with actual productivity results, the decisions to make improvements on the plant

Also, to improve the productivity and reliability of the packaging process, will be analyzed a proposal to implement a robot in one of the packaging lines.

Keywords: LabView, OEE, Database, Panduit, Robot.

DEDICATORIA

A Dios

Por ser mi guía durante esta maravillosa etapa académica y en toda mi vida.

A mi Madre Silvia y a mi Padre William

Que son las personas más importantes de mi vida, por todo el apoyo incondicional durante todas mis etapas, por sus consejos y valores que me inculcaron para ser mejor persona y por ser motivo de superación.

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a Dios por permitirme alcanzar mis metas, y a mi padre, a mi madre, a mis hermano y hermana, por todo el apoyo para superar cada obstáculo que se me presentó.

También le agradezco a Panduit de Costa Rica, por permitirme realizar mi proyecto de graduación en sus instalaciones; por toda la ayuda y amabilidad del Ing. Álvaro Alvarado Obando y demás personal de la empresa.

Igualmente agradezco a mis profesores, amigos, familia y compañeros; que influyeron en mi formación académica y a mi profesora asesora Ing. Ana Lucía Morera Barquero.

CONTENIDO

RESUMEN.....	3
SUMMARY.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
INTRODUCCIÓN.....	13
CAPITULO 1. GENERALIDADES	14
1.1 Descripción de la empresa.....	14
1.2 Definición del problema e importancia de la solución.....	16
1.3 Descripción general de la solución.....	17
CAPITULO 2. OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo general.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
CAPITULO 3. MARCO TEORICO.....	22
3.1 OEE.....	22
3.2 Disponibilidad	23
3.3 Eficiencia.....	24
3.4 Calidad	24
3.5 Software de programación LabView.....	25
3.6 Base de datos	26
3.6.1 Sistema Gestor Base de Datos (SGBD).....	27
3.6.2 Lenguaje de programación SQL.....	28
3.7 TIR y VAN.....	30
3.7.1 Características del VAN	30
3.7.2 Características del TIR	31
CAPITULO 4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	32
4.1 Reconocimiento y definición del problema	32
4.2 Obtención y análisis de información.....	34
4.3 Evaluación de las diferentes soluciones y síntesis de la solución.....	35
4.4 Desarrollo de la solución.....	36
4.5 Revaluación y re-diseños	37

CAPITULO 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	38
5.1 Herramientas utilizadas.....	38
5.1.1 LabView 2015 y sus toolkits	39
5.2 Descripción de “hardware”	39
5.2.1 Tarjeta de Relés	39
5.3 Descripción de “Software”	41
5.3.1 Modificaciones en la aplicación implementada en kits	41
5.3.1.1 Corrección del paro permanente	43
5.3.1.2 Corrección del problema al guardar en las bases de datos.....	45
5.3.1.3 Implementar una clasificación de paro	46
5.3.1.4 Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden.....	48
5.3.1.5 Implementar una nueva tabla con los datos de interés.....	50
5.3.2 Modificaciones en la aplicación implementada en las mesas de empaque con auto baggers. 54	
5.3.2.1 Agregar variables de tiempo de ejecución del programa.....	58
5.3.2.2 Implementarle la opción de paro del proceso	58
5.3.2.3 Implementar una clasificación de los paros.....	59
5.3.2.4 Implementar una forma para monitorear partes defectuosas del proceso.....	61
5.3.2.5 Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden (Trabajando-Pausada-Finalizada)	62
5.3.2.6 Implementar una nueva tabla en la bases de datos con la información de interés para realizar el monitoreo.....	63
5.3.3 Nueva aplicación implementada para la integración del área de empaque de moldeo 68	
5.3.3.1 Menú principal.....	72
5.3.3.2 Pantalla en planta	74
5.3.3.3 Tiempo Real.....	76
5.3.3.4 Historial.....	77
5.3.3.5 Reporte	81
5.3.3.6 Consulta de QC de Cajas	83
CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS	84
6.1 Implementación del sistema de monitorización de productividad	84

6.1.1	Resultados de la aplicación de empaque de kits	84
6.1.2	Resultados de la aplicación de empaque con auto baggers.	86
6.1.3	Resultados de la aplicación para la integración del área de empaque de moldeo. .	87
6.1.4	Análisis financiero de la implementación del sistema de monitorización de la productividad.....	89
6.2	Análisis de la propuesta para automatizar una de las líneas de empaque con un Robot.	92
6.2.1	Descripción del proceso.....	92
6.2.2	Requerimientos de la propuesta.	95
6.2.3	Especificaciones de los equipos.....	96
6.2.3.1	Robot.....	96
6.2.3.2	Armadora de caja.	101
6.2.3.3	Cerradora y selladora de la caja.	103
6.2.4	Ventajas de la propuesta.	105
6.2.5	Desventajas de la propuesta.	105
6.2.6	Análisis Financiero de la propuesta de automatización.....	106
CAPITULO 7. CONCLUSIONES		110
CAPITULO 8. RECOMENDACIONES		111
CAPITULO 9. BIBLIOGRAFÍA.....		112
APÉNDICES		115
A.1	Glosario y abreviaturas.....	115
A.2	Hojas de datos	116
A.2.1	Especificaciones del THL 300	116
A.2.2	Especificaciones del THP 550	117
A.2.3	Especificaciones del TS 3000	118
A.2.4	Especificaciones del TS 3100	119
A.3	Manual de instalación de la aplicación de monitoreo de empaque.	120
ANEXOS		121
Anexo A.	Hoja De Información Del Proyecto.....	121

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de Panduit LTA CR.....	15
Figura 2 Diagrama de implementación general de las bases de datos para el proyecto	20
Figura 3 Diagrama Usuario-SGDB-Base de Datos	28
Figura 4 Integración de LabView - Velleman K8090	38
Figura 5 Tarjeta Velleman K8090	40
Figura 6 Proceso de empaque para kits.....	41
Figura 7 Interfaz principal de la aplicación original de empaque de kits.	42
Figura 8 Interfaz original de la aplicación de empaque de kits.	44
Figura 9 Problema presentado al guardar información de la estación de kits 2	45
Figura 10 Problema corregido al guardar información de la estación de kits 2	46
Figura 11 Menú de empacado con los cambios realizados para la aplicación de empaque de kits	47
Figura 12 Menú de empacado con los cambios realizados para la aplicación de empaque de kits	48
Figura 13 Proceso de empaque con auto bagger.....	55
Figura 14 Interfaz original del menú principal para la aplicación de empaque con auto baggers	56
Figura 15 Lista de paros implementado en la APP de empaque con auto baggers	60
Figura 16 Mensaje que advierte que la caja no está completa para producirse un paro	60
Figura 17 Pantalla que indica que se ha producido un paro en el proceso	61
Figura 18 Sección de partes defectuosas.....	62
Figura 19 Información de los datos filtrados.	68
Figura 20 Estructura de las bases de datos que manipula la aplicación integradora	69
Figura 21 Secciones del menú principal para la aplicación que monitorea los índices de productividad	73
Figura 22 Interfaz de la pantalla que se instaló en la un TV en Planta	74
Figura 23 Control del tiempo de transición de los datos de las diferentes mesas.....	75
Figura 24 Interfaz del monitoreo en tiempo real del área de empaque de moldeo	77
Figura 25 Interfaz que contiene la información tabular de la base de datos	78

Figura 26 Información filtrada para la mesa 2	79
Figura 27 Información tabulada al buscar un número de QC	79
Figura 28 Tablas limpias de información	80
Figura 29 Información exportada a Excel de la tabla	81
Figura 30 Interfaz para generar reportes del área empaçado	82
Figura 31 Interfaz para generar una lista de las cajas asociadas a un QC.....	83
Figura 32 Datos monitoreados con la nueva APP de kits en la estación de kits1	85
Figura 33 Datos monitoreados con la nueva APP de empaque con auto baggers en la estación 2	86
Figura 34 Datos almacenados con la aplicación de monitoreo de la productividad	88
Figura 35 Representación gráfica del proceso de empaçado	93
Figura 36 Representación gráfica del proceso de empaçado para la propuesta de automatización	95
Figura 37 Trayectoria de las bolsas hasta la caja	96
Figura 38 Robot Baxter.....	97
Figura 39 Robot THP 550 y Robot THL 300	100
Figura 40 Box Erector CE-12	102
Figura 41 Cerradora y selladora de caja modelo CE-558F.....	104

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Variables nuevas a medir en el área de empaque de moldeo	18
Tabla 2 Clasificación OEE.....	23
Tabla 3 Comandos generales en lenguaje SQL	29
Tabla 4 Descripción de las tablas existentes en la base de datos para el empaque de kits	43
Tabla 5 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de empaque de kits	50
Tabla 6 Tablas de la base de datos para el empaque con auto baggers	57
Tabla 7 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de empaque con auto baggers	64
Tabla 8 Tablas que componen la base de datos de datos filtrados.	70
Tabla 9 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de Datos_TV.	70
Tabla 10 Diferentes secciones que posee la interfaz principal de la aplicación integradora	72
Tabla 11 Inversión inicial para la ejecución del proyecto.	89
Tabla 12 Tabla con valores para calcular el TIR	91
Tabla 13 Tabla con los valores para calcular el VAN	91
Tabla 14 Características principales del Baxter	97
Tabla 15 Características de los robots de la propuesta	99
Tabla 16 Características técnicas del Box Erecto CE-12.....	101
Tabla 17 Características técnicas de la cerradora y selladora de caja modelo CE-558F	103
Tabla 18 Inversión inicial para la ejecución del proyecto.	106
Tabla 19 Tabla con valores para calcular el TIR	108
Tabla 20 Tabla con valores para calcular el VAN	109

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta el desarrollo de un sistema de monitoreo para la productividad y confiabilidad dentro del área de empaçado en Panduit de Costa Rica, y se describirán todas las etapas que fueron necesarios para finalizar con la implementación del sistema de monitoreo.

En el primer capítulo se habla de generalidades del proyecto, al describir la empresa Panduit y la problemática presentada en el área de empaçado de moldeo, y a su vez se realiza una descripción breve de la solución a implementar.

En el segundo capítulo se definen los objetivos a alcanzar para resolver el problema presentado en Panduit.

En el tercer capítulo se abarca un marco teórico con información importante de los diversos elementos que intervienen para la realización del proyecto.

En el cuarto capítulo se describe el procedimiento metodológico que se realizó para cumplir con los objetivos planteados.

En el quinto capítulo se explica detalladamente la solución implementada para medir y mejorar la productividad en Panduit, tanto los equipos utilizados, las modificaciones realizadas y los nuevos sistemas implementados.

El sexto capítulo se realiza un análisis de la solución implementada en planta para mejorar la productividad; también se realiza el análisis de la propuesta de un robot que mejorará la productividad y confiabilidad del proceso de empaque.

El séptimo capítulo se brinda conclusiones finales del proyecto.

El octavo capítulo posee recomendaciones.

En el noveno capítulo se encuentra la bibliografía referente al proyecto.

Este documento se divide en dos proyectos: el primero consiste en la implementación de un sistema para monitorear la productividad el cual se desarrolla en los diferentes capítulos del documento y el segundo es el análisis de la propuesta para automatizar una de las líneas de producción con un robot, dicho análisis se localiza en el capítulo sexto.

CAPITULO 1. GENERALIDADES

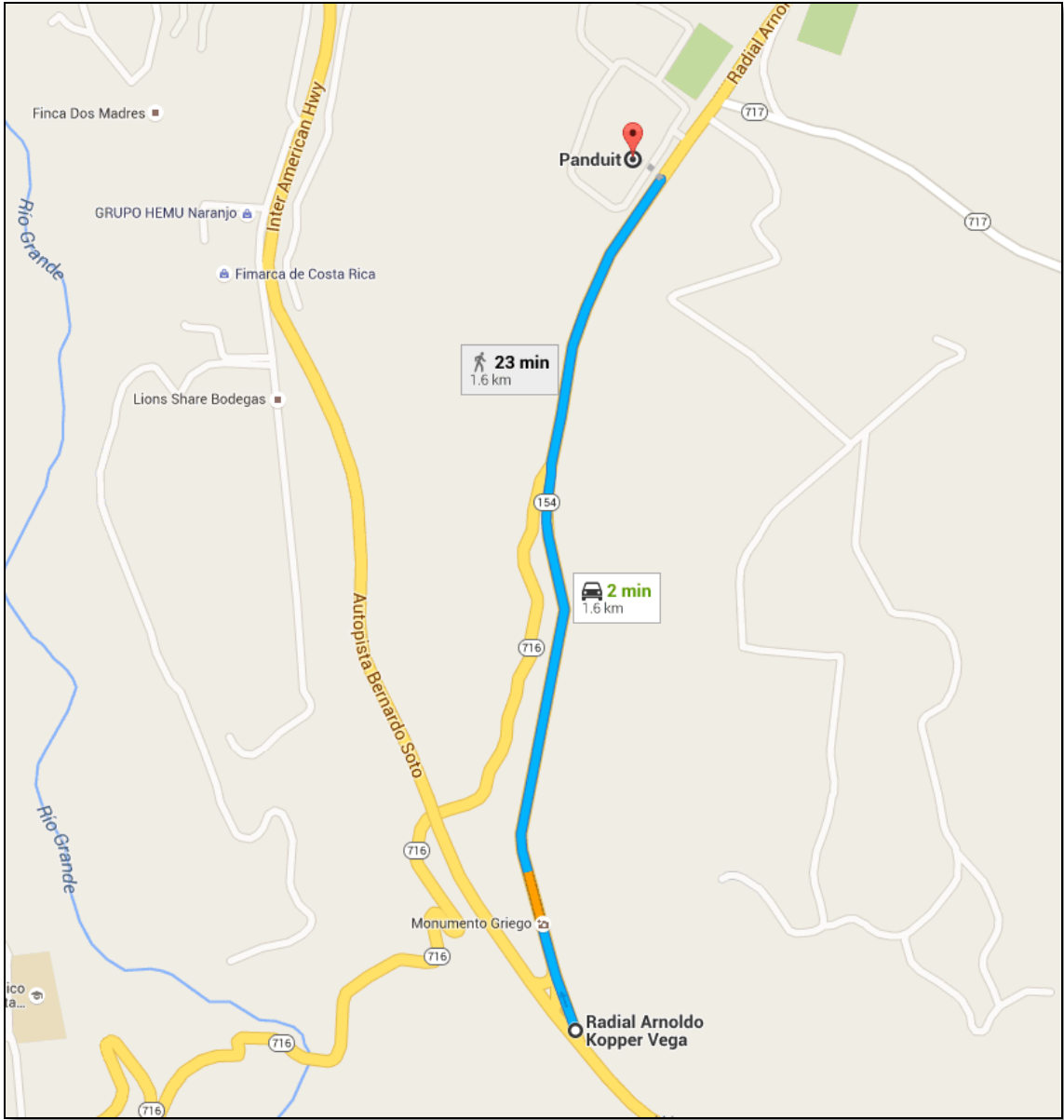
1.1 Descripción de la empresa

La empresa Panduit fue fundada en 1955 en Illinois de Estados Unidos, al integrar su primer producto llamado Panduit Wiring Duct, este producto tenía características únicas en el mercado al organizar paneles de control y cables de una manera fácil y rápida, desde entonces Panduit ha introducido al mercado miles de productos que brinda soporte o solución a la infraestructura eléctricas y de red.

Actualmente Panduit tiene operaciones en 112 países y cuenta con más de 5000 empleados en todo el mundo.

Panduit desarrolla soluciones innovadoras de infraestructura física que satisfacen las necesidades rápidamente cambiantes de nuestros clientes, desde hardware y software hasta Servicio de asesoramiento. (Panduit, 2016)

Panduit se estableció en el año 1996 en Costa Rica y actualmente tiene una infraestructura cercana de 37.110 metros cuadrados y emplea cerca de 1350 trabajadores, esta se encuentra ubicada en la zona franca ZF499502, la cual se localiza 1.6km del cruce de la radial a Grecia sobre la autopista Bernardo Soto, La Argentina, Grecia, Alajuela. (Ver figura 1), esta planta se divide en cuatro áreas principales: fibra óptica, cobre, amarras plásticas, moldeo/ID y además cumple con las certificaciones internacionales como son la de ISO 9000 Y ISO 14001.



Microsoft Word 2013

Figura 1 Ubicación geográfica de Panduit LTA CR
Fuente: (Google, 2016)

1.2 Definición del problema e importancia de la solución

Actualmente, el proceso de empaque de producto moldeado por inyección no permite medir ni controlar parámetros críticos en tiempo real como la disponibilidad, la eficiencia y productividad para realizar las acciones de mejoras pertinentes por el supervisor de planta o por la gerencia de producción y a su vez la confiabilidad depende de los operarios que se encuentran en las líneas, suponiendo que ellos van a realizar el procedimiento indicado al empacar la cantidad especificada de bolsas en cada caja y que contengan el producto correcto, este proceso de empackado presenta problemas y se sabe porque existen observaciones recibidas por parte de los clientes en donde en ciertos casos el producto recibido no es el correcto o se encuentra incompleto.

Mediante una aplicación realizada en LabView se registran ciertas variables como el número de operador, el QC de la orden, el número de parte, la cantidad de piezas empacadas, código de bolsa, hora de empackado y el número de mesa, entre otras. Estas variables son insuficientes y limitadas para calcular los indicadores como: calidad, disponibilidad, eficiencia, OEE; ya que para obtener cada uno de estos indicadores se necesitan variables adicionales como el tiempo de operación, los tiempos muertos, las piezas defectuosas, los tipos de paros, el estado de la orden y entre otras.

Las variables actuales son medidas y almacenadas en cada estación o mesa de empackada con ayuda de un computador; al ser almacenada de esta forma surge el problema de que no se puede controlar el proceso en tiempo real de una manera íntegra y remota para realizar las acciones correctivas en el momento que un supervisor observe alguna anomalía en el proceso o en los indicadores.

Si se deseara controlar el proceso como se encuentra constituido el sistema actualmente; el encargado de producción tiene que visitar la planta y recorrer estación por estación para obtener los datos que se almacenan y posteriormente realizar los cálculos pertinentes, con valores de variables aproximadas de tiempo, de pieza defectuosas y otras variables que se necesitan para realizar los cálculos debido a que el sistema no realiza el muestreo automático de estas variables; por lo que la integración y la mejora de la robustez del sistema de medición en el área de empacke es de suma importancia para lograr resolver la problemática presentada.

1.3 Descripción general de la solución

Para llevar a cabo la solución, se desarrollará una aplicación encargada de leer, procesar y guardar los datos de interés y a su vez permitirá visualizar en una pantalla los indicadores de producción de cada mesa.

También se formularon una serie de requerimientos con ayuda del asesor y supervisores de planta en el área de empaque de moldeo; se definieron los siguientes requerimientos de desarrollo.

- a. Utilizar todos los recursos disponibles que cuenta la empresa Panduit, incluyendo hardware, software y soporte humano.
- b. La aplicación debe de integrar información de todas las estaciones de empackado, como son 8 de empaque auto bagger y 2 de empaque de kits.
- c. En cada mesa de empackado se debe de leer la cantidad de partes malas.
- d. Utilizar OEE como indicador para medir la eficiencia del proceso de empaque, debido a que es un indicador estándar mundialmente y dentro de Panduit se utiliza en otras áreas productivas.
- e. La aplicación desarrollada debe de ser de fácil manipulación para los usuarios con una rápida curva de aprendizaje.
- f. El sistema debe de poder mostrar indicadores en pantalla como son: la disponibilidad, eficiencia, calidad, OEE, estado de la orden, producción actual, número de parte y QC, tiempo muerto, tiempo operativo y tiempo disponible en tiempo real.
- g. La aplicación tiene que tener la capacidad de realizar una búsqueda por QC, y entregar una lista de las cajas empackadas que corresponden a ese número de QC.
- h. Se debe de clasificar los paros producidos en la producción de cada mesa independientemente de las otras.

Para realizar el monitoreo de todas las estaciones de empaque se estudiará el funcionamiento de cada uno de los sensores presentes, entre ellos están los siguientes:

- a. Escáneres o lectores de código de barras: cada mesa cuenta con dos escáneres, los cuales deben de estar debidamente configurados para leer el formato del código de barras, a su vez tiene que estar correctamente configurados en el computador con los puertos seriales para que la aplicación realice conexión con los mismos.
- b. Se debe de conocer la Tarjeta de Relés, para conocer como activar o desactivar salidas cuando el sistema envía la señal.
- c. La balanza también funciona como un sensor al realizar la lectura de los diferentes pesos y también al enviar señales de aprobación del peso, por lo que se debe de conocer cómo realizar la configuración correcta de sus salidas y como configurar el puerto serie de la computadora para que la aplicación en LabView no presente problemas de comunicación.

Actualmente existe una aplicación que facilita el trabajo a los operarios en las mesas de auto baggers y otra aplicación totalmente diferente en las mesas de kits, ambas aplicaciones carecen de variables que son necesarias para cumplir con los requerimientos necesarios, a continuación se muestran las nuevas variables a medir:

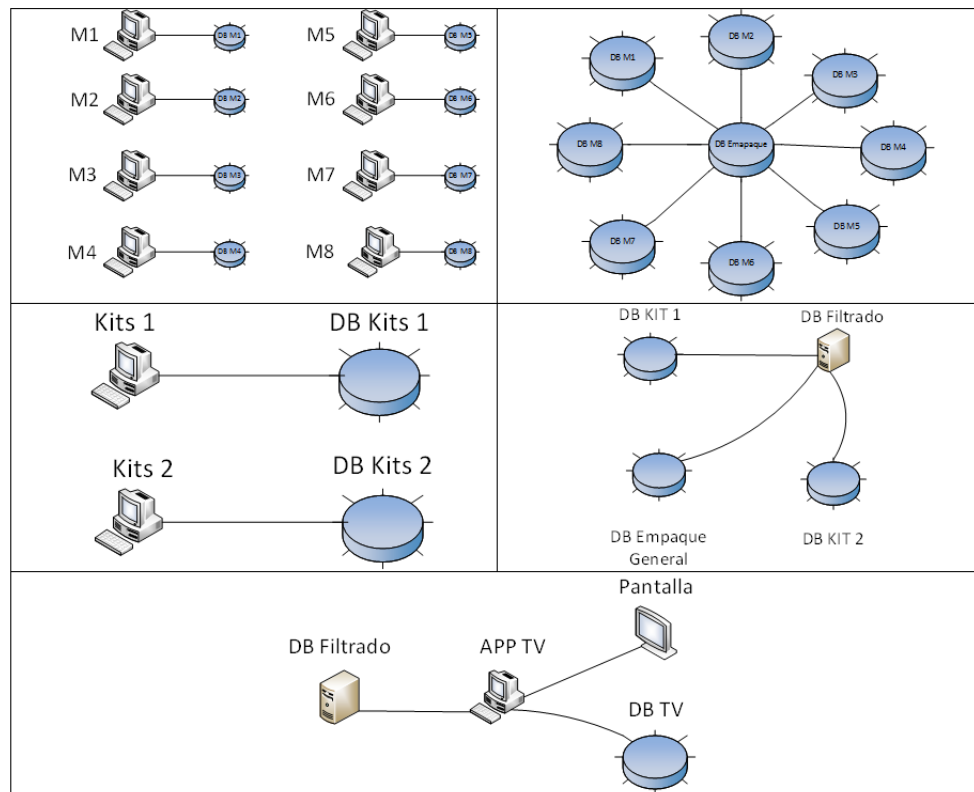
Tabla 1 Variables nuevas a medir en el área de empaque de moldeo

Mesas de Auto Baggers	Mesas de Kits
Estado proceso	Estado proceso
Paro por ida al baño	Paro por ida al baño
Paro por falla en base de datos	Paro por falla en base de datos
Paro por falla en LabView	Paro por falla en LabView
Paro por falla en sistema IT	Paro por falla en sistema IT
Paro por fallo en sistema de configuración escáner	Paro por fallo en sistema de configuración escáner
Paro por fallo en sistema de configuración en el cableado	Paro por fallo en sistema de configuración en el cableado
Paro por fallo en la selladora	Paro por fallo en la selladora

Tiempo de setup	Tiempo de setup
Paro por mantenimiento	Paro por mantenimiento
Paro por ingeniería	Paro por ingeniería
Paro por materia prima	Paro por materia prima
Defecto por calidad proveedores	Defecto por calidad proveedores
Defecto de calidad materia prima	Defecto de calidad materia prima
Paro por mal sellado	Paro por mal sellado
Paro eléctrico	Paro eléctrico
Paro por falta de personal	Paro por falta de personal
Paro por entrenamiento	Paro por entrenamiento
Tiempo muerto	Tiempo muerto
Tiempo total de la orden	Tiempo total de la orden
Paro por fallo en la balanza	Paro producido por fallo en la balanza
Paro por mala impresión en las etiquetas	Paro producido por mala impresión
Paro por Oracle, corrección de formato de Etiquetas	Paro por fallo en la información de Oracle.
Paro por Oracle, fallo en el sistema de IT	Paro por fallo en Oracle.
Paro por falta de aprobación del supervisor	Paro porque no está el supervisor.
Partes defectuosas	Paro por partes defectuosas en el lote.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Para poder entender mejor el sistema presente actualmente hay que conocer que cada estación de trabajo posee su propia base de datos, y en cada una de estas bases de datos se le realizará un espejo con una base de datos general-filtrada para que la aplicación nueva a implementarse pueda leer los datos necesarios para realizar los cálculos pertinentes y obtener los indicadores requeridos. En la figura 2 se observa la organización final de las bases de datos.



Microsoft Visio 2013

Figura 2 Diagrama de implementación general de las bases de datos para el proyecto

Fuente: (Ramírez, 2016)

Como parte del proyecto se debe de realizar el análisis de una propuesta existente la cual consiste en automatizar una mesa de empaqueo por medio de un robot.

Esta propuesta nació a raíz de problemas como la falta de confiabilidad para asegurar que las bolsas empacadas contengan la cantidad indicada y el número de parte correcto; pero también existe otro problema ya que en ocasiones se tienen órdenes atrasadas y para atender estas órdenes los operarios trabajan con una presión mayor por lo que están propensos a cometer errores, estos problemas podrían desaparecer si un robot se encargara de empaocar en jornadas de trabajo normales y en jornadas extras, aumentando la disponibilidad del proceso.

CAPITULO 2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema automatizado que permita tener un mayor control del proceso productivo en el área de empaque y analizar la propuesta de un robot para mejorar la confiabilidad al automatizar completamente una de las líneas de empackado.

2.2 Objetivos específicos

- A. Identificar las variables necesarias a medir para controlar la productividad del proceso, mediante el apoyo de los encargados de producción.
- B. Analizar la propuesta de un robot para automatizar una de las líneas de empaque, mediante indicadores financieros reflejados en la producción y la factibilidad para ser implementado.
- C. Implementar la aplicación principal con interfaz gráfica dentro de la planta a través de la plataforma LabView.
- D. Realizar un análisis económico-financiero del proyecto para conocer la factibilidad del mismo, a través de indicadores como el TIR y VAN.

CAPITULO 3. MARCO TEORICO

En este marco teórico que fundamenta el proyecto, posee conceptos de productividad como sus debidas ecuaciones para realizar los cálculos de los diferentes índices, también posee otros conceptos esenciales que ayudarán al lector comprender mejor el proyecto.

3.1 OEE

Este indicador proviene de las siglas en inglés ('Overall Equipment Efficiency') y es conocido en español como eficiencia general de los equipos se dice que, "Es un ratio que se emplea para medir el rendimiento y productividad de las líneas de producción en las que la maquinaria tiene una gran influencia" (Ruiz, 2009)

Cuando se observa una caída en el valor porcentual del OEE, este indica que existe problemas en la producción debido a que para calcular el indicador se necesitan 3 indicadores previos (ver ecuación 3.1), como son la disponibilidad, la eficiencia y la calidad, por lo con el OEE nos indica un panorama global en la producción para poder interferir ya sea en las maquinas u operarios si el indicador no está dentro del rango deseado, en la tabla 2 se observa los rangos de valores donde puede estar el OEE y además este indicador es un requerimiento exigido para la certificación ISO 9000.

Tabla 2 Clasificación OEE

OEE	Calificativo	Consecuencias
<65%	Inaceptable	Se presenta una alta pérdida económica con una baja competitividad
≥65% <75%	Regular	Se presenta perdidas económicas con baja competitividad pero se acepta si el proceso está en mejora.
≥75% <85%	Aceptable	Se presenta pequeñas pérdidas económicas con una competitividad baja.
≥85% <95%	Buena	Entra en Valores de clase mundial con una buena competitividad.
≥95%	Excelente	Son valores de clase mundial y con una excelente competitividad.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

$$OEE = Disponibilidad \times Eficicencia \times Calidad \text{ (3.1)}$$

3.2 Disponibilidad

La disponibilidad nos indica el tiempo en que la máquina, persona o proceso está funcionando contra el tiempo que realmente se tenía planeado que este funcionara.

La disponibilidad se calcula a partir de la ecuación 3.2:

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo_{Disponible}}{Tiempo_{Disponible} + Tiempo_{Muerto}} \text{ (3.2)}$$

En donde el tiempo disponible nos indica el tiempo total en que el equipo está en funcionamiento, y el tiempo muerto nos indica el tiempo en que la maquina no puede producir en momentos que debía producir, debido a la suma de diferentes paros, como son paros por falta de persona, paros por mantenimiento, paros por producción, entre otros paros.

3.3 Eficiencia

La eficiencia es la capacidad que se tiene para realizar un proceso, y toma en cuenta la tasa de producción real contra la tasa de producción diseñada, al bajar la tasa de producción real, la eficiencia se ve afectada negativamente, las disminuciones de eficiencia se afecta por ineficiencia del operario, por micro paradas, porque se trabaja a una velocidad menor, por desgaste del equipo o personal, entre otros.

La eficiencia se calcula a partir de la ecuación 3.3:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ del\ ciclo\ por\ pieza * Piezas\ producidas}{Tiempo\ Disponible} \quad (3.3)$$

- Tiempo del ciclo por pieza: tiempo ideal en realizar el proceso para una pieza.
- Pizas producidas: indica la cantidad total de piezas producidas buenas.

3.4 Calidad

Este indicador posee varios estándares establecidos por los departamentos de producción o calidad para aprobar un proceso o producto, ya que en todo proceso siempre va a existir una fracción de producto que no cumple con los estándares de calidad, y por tanto se deben de rechazar o re trabajar.

La calidad se calcula a partir de la ecuación 3.4:

$$Calidad = \frac{Piezas_{Correctas}}{Piezas_{Correctas} + Piezas_{Incorrectas}} \quad (3.4)$$

- Piezas correctas: indica la cantidad total de producto que cumple con los estándares de calidad establecidos.
- Piezas incorrectas: indica la cantidad total de producto que no cumple con los estándares de calidad establecidos.

3.5 Software de programación LabView

LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es una plataforma de programación gráfica para realizar aplicaciones de ingeniería, ciencia, y estudiantiles desarrollado por la compañía National Instruments. Su programación consiste en utilizar símbolos gráficos para realizar las conexiones y configuración de cada bloque, VI's o bibliotecas, a su vez este software está equipado para realizar la comunicación con otros hardware con comunicación, GPIB, VXI, GPIB, VXI, RS-232, RS-485 y entre otros.

Esta forma de programación es mucho más sencilla y más dinámica que la convencional que consiste en digitar texto al poseer una interfaz gráfica, la ventaja de implementar proyectos con esta plataforma consiste en que no se debe de iniciar desde cero, porque existen estructuras y platillas que se puede utilizar para facilitar el trabajo de programación tanto para proyectos sencillos como complejos, también minimiza costos económicos en el proyecto debido a que se puede utilizar instrumentación virtual existente o crear una nueva estructura para realizar mediciones.

Para adquirir este software se necesita contactar con National Instruments (NI) y adquirir un paquete del software, que va de acuerdo con las necesidades del desarrollar, entre las cuales están:

- Personalización de la interfaz del usuario.
- Integración de señales de entrada o salida para diferentes hardware.
- Programación de servicio estándar (SSP).
- Compatibilidad con complementos.
- Procesamiento matemáticos y de señales (algoritmos).
- Desarrollo profesional con distribuciones de aplicaciones.
- Validaciones de códigos.
- Control de código fuente.
- Ambiente de programación.
- Comunicación con diversas bases de datos o internet.

3.6 Base de datos

Una base de datos es un repositorio de datos, diseñado para soportar el almacenamiento de datos eficiente, la recuperación y el mantenimiento. Existen múltiples tipos de bases de datos para satisfacer diversas necesidades de la industria. Una base de datos puede ser especializado para almacenar archivos binarios, documentos, imágenes, vídeos, datos relacional, los datos multidimensionales, datos transaccionales, datos analíticos, o los datos geográficos. (Neeraj Sharma, 2016)

Una base de datos tiene características como:

- Conjunto de datos no redundantes: esta característica es fundamental para evitar conflictos al interpretar información, porque si los datos estuviesen repetidos en varios celdas, al momento de tener que extraer esta información causaría incertidumbre, y si se deseara actualizar los datos se tendría que realizar la actualización en todas las celdas.
- Conjunto de datos interrelacionados: en las bases de datos, se tiene que tener una relación entre los datos que se almacena, por ejemplo: en un taller mecánico automotriz se tiene los datos almacenados de cada trabajador en una base de datos, y al momento de ingresar un vehículo para su reparación se le asigna un mecánico y las características del vehículo se introducen en una base de datos asociado con el mecánico asignado.
- El acceso a estos datos es concurrente: los datos que se almacena pueden ser actualizador, editados, leídos por diferentes usuarios al mismo instante, por ejemplo si el mecánico necesita realizar una cotización para un repuesto y revisa en base de datos el precio de este, y en ese mismo momento los de administración están modificando este valor, ocurrirá un error al obtener un conflicto en la lectura por parte del mecánico, para evitar este error se realiza controles de concurrencia al sincronizar las operaciones en las bases de datos.

Las bases de datos se pueden organizar o clasificar en 9 épocas históricas (Neeraj Sharma, 2016):

- De red (CODASYL): 1970's.
- Jerárquica (IMS): finales de 1960's y 1970's.
- Relacional: 1970's y principios de 1980's.
- Entidad-relación: 1970's.
- Relacional: 1970's y principios de 1980's.
- Relacional extendido: 1980's.
- Semántica: finales de 1970's y 1980's.
- Orientada a objetos: finales de 1980's y principios de 1990's.
- Objetos-relacional: finales de 1980's y principios de 1990's.
- Semi-estructurado (XML): finales de 1990's al presente.

3.6.1 Sistema Gestor Base de Datos (SGBD)

El termino SGBD o en ingles conocido como Data Base Management System (DBMS), es un software que sirve como herramienta que proporciona de una forma más fácil al usuario mecanismos de manipulación en los datos, ya sea para actualizar, crear, consultar, guardar, borrar, filtrar, entre otras operaciones.

Para poder diferencia entre SGDB y las Bases de datos, se puede definir como: las bases de datos son la solución a la necesidad por parte del usuario para almacenar información y para poder manipular esta información se utiliza los gestores de base de datos, algunos software que funcionan como gestores entronáramos el MS Access, Oracle, MySQL, MS SQL Server y entre otros.

Los gestores de base de datos cuenta con una interfaz gráfica para que los usuario puedan apoyarse de ella, en la figura 3 se muestra el diagrama de cómo se comunica el usuario y la Base de datos con ayuda de un SGBD.



Microsoft Visio 2013

Figura 3 Diagrama Usuario-SGDB-Base de Datos

Fuente: (Ramírez, 2016)

3.6.2 Lenguaje de programación SQL

Este lenguaje de programación es utilizado para hacer consulta entre los diferentes gestores de base de datos, facilitando diferentes tipos de operaciones y al ser un lenguaje universal es de gran utilidad cuando se desea manipular grandes cantidades de datos o trasladar información de una base de datos a otra ya que se puede realizar este proceso de una forma en donde se asegura que no se pierda información y sea menos complejo para el usuario. Y hay que tomar en cuenta que cuando se desea trasladar la información de un SGDB de otro, hay funciones que no poseen uno y el otro si, por lo que hay que adaptarse a lo que mejor convenga para el proceso.

Tabla 3 Comandos generales en lenguaje SQL

Comando	Descripción
CREATE	Este comando permite crear nuevas tablas y se tiene que agregar los nombres de cada columna y también el respectivo tipo de dato que almacenara la columna.
DROP	Este comando permite eliminar tablas en las bases de datos, y a su vez toda la información que contiene la tabla.
SELECT	Este comando tiene la función de extraer información de una tabla por columnas.
INSERT	Este comando funciona para insertar información nueva a la tabla a manipular, se debe de especificar la columna y el dato nuevo a insertar.
UPDATE	Este comando tiene la función de actualizar información en una tabla, ya sea en una celda, fila, columna o en toda la tabla.
ORDER	Este comando tiene la función de filtrar información de una manera ordenada, puede ser ascendente (ASC) y descendiente (DESC).
WHERE	Este comando tiene la función de buscar información específica en una tabla para realizar diferentes funciones como extraer información o para actualizarla.
AND/OR	Estos comandos se utilizan para realizar condiciones compuestas.
UNION	Este comando funciona para crear nuevas tablas o columnas que poseen información de otras tablas.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

3.7 TIR y VAN

El TIR (Tasa Interna de Retorno) y EL VAN (Valor Actual Neto), son dos herramientas financieras que nos indican la viabilidad o rentabilidad de iniciar con un nuevo proyecto o adquirir uno ya preestablecido, cuando iniciamos un proyecto es de suma importancia analizar su rentabilidad ya que para todo proyecto se necesita un capital inicial, y si ese proyecto no es rentable es muy probable que surjan pérdidas económicas, de esfuerzo y tiempo por parte del inversor.

Estos indicadores son muy populares para analizar económicamente los proyectos y de fácil interpretación, el VAN nos da una métrica en valores absolutos netos o unidades monetarias, actualizados al día de hoy, y el TIR nos da una medida relativa del valor del proyecto, es decir en valor porcentual.

3.7.1 Características del VAN

- Nos brinda un Valor del flujo de caja actualizado, es decir una diferencia entre ingresos y egresos del proyecto.
- Es necesario actualizar el VAN constantemente porque los flujos de caja suceden en diferentes instantes.
- Si el valor del VAN > 0 , no indica que el proyecto rentable.
- Si el valor del VAN $= 0$, no indica que el proyecto rentable.
- Si el valor del VAN < 0 , no indica que el proyecto no es rentable porque existen pérdidas.
- El VAN es mucho más fácil de calcularlo que el TIR.
- Su cálculo se realiza con la ecuación 3.5, donde “ V_t ” representa los flujos de caja por cada periodo t , el “ I_0 ” representa el valor de la inversión inicial, “ n ” es el número de periodos, y “ k ” es el tipo de interés.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (3.5)$$

3.7.2 Características del TIR

- Se representa con la letra “r”.
- Es un tipo de descuento que hace el VAN=0.
- Se necesita saber la tasa de descuento que se le aplicara al proyecto y se representa con la letra k.
- Si el valor del TIR > k, no indica que el proyecto aceptable.
- Si el valor del TIR = k, no indica que el proyecto es indiferente.
- Si el valor del TIR < k, no indica que el proyecto se debe de rechazar.
- Para realizar el cálculo del TIR se utiliza la misma ecuación que se utiliza para obtener el VAN pero se tiene que igualar a cero y despejar k, como se ve en la ecuación 3.6.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0 \quad (3.6)$$

CAPITULO 4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

4.1 Reconocimiento y definición del problema

En esta etapa es de suma importancia poder reconocer a fondo y definir el problema que se nos presenta y a su vez hay que tener claro los requerimientos por parte de Panduit para realizar el proyecto, en donde su principal requerimiento es monitorear el OEE en el área de empaque, debido a que a nivel interno este indicador es de suma importancia para los encargados de analizar la productividad en las diferentes áreas.

Actualmente, el proceso de empaque de producto moldeado por inyección no permite medir ni controlar parámetros críticos en tiempo real como la disponibilidad, la eficiencia y productividad para realizar las acciones de mejoras pertinentes por el supervisor de planta o por la gerencia de producción y a su vez la confiabilidad depende de los operarios que se encuentran en las líneas, suponiendo que ellos van a realizar el procedimiento indicado al empacar la cantidad especificada de bolsas en cada caja y que contengan el producto correcto, este proceso de empacado presenta problemas y se sabe porque existen observaciones recibidas por parte de los clientes en donde en ciertos casos el producto recibido no es el correcto o se encuentra incompleto.

Mediante una aplicación realizada en LabView se registran ciertas variables como el número de operador, el QC de la orden, el número de parte, la cantidad de piezas empacadas, código de bolsa, hora de empacado y el número de mesa, entre otras. Estas variables son insuficientes y limitadas para calcular los indicadores como: calidad, disponibilidad, eficiencia, OEE; ya que para obtener cada uno de estos indicadores se necesitan variables adicionales como el tiempo de operación, los tiempos muertos, las piezas defectuosas, los tipos de paros, el estado de la orden y entre otras.

Las variables actuales son medidas y almacenadas en cada estación o mesa de empacada con ayuda de un computador; al ser almacenada de esta forma surge el problema de que no se puede controlar el proceso en tiempo real de una manera íntegra y remota para realizar las acciones

correctivas en el momento que un supervisor observe alguna anomalía en el proceso o en los indicadores.

Si se deseara controlar el proceso como se encuentra constituido el sistema actualmente; el encargado de producción tiene que visitar la planta y recorrer estación por estación para obtener los datos que se almacenan y posteriormente realizar los cálculos pertinentes, con valores de variables aproximadas de tiempo, de pieza defectuosas y otras variables que se necesitan para realizar los cálculos debido a que el sistema no realiza el muestreo automático de estas variables; por lo que la integración y la mejora de la robustez del sistema de medición en el área de empaque es de suma importancia para lograr resolver la problemática presentada.

Para definir el problema se realizó reuniones con el encargado de producción y los supervisores de planta para evaluar la propuesta de la solución y analizar mejoras que se podrían implementar en el proyecto.

También se realizó un breve análisis con los encargados de la planta para obtener y definir los puntos que son de importancia para la implementación del sistema de monitoreo y que son los siguientes:

- Definir las variables que son necesarias para realizar la correcta obtención del OEE.
- Definir la estructura de las bases de datos como tablas, columnas y tipos de datos que se manipularán.
- Realizar reuniones con los desarrolladores de sistemas similares para evitar problemas que se pudiesen presentar.
- Obtener los routings para los diferentes números de partes ya que es una variable de importancia para obtener la eficiencia del proceso.

4.2 Obtención y análisis de información

En esta etapa es necesario invertir un periodo de tiempo importante para realizar las investigaciones de los sistemas previamente implementados, ya que para medir el OEE en cada mesa o estación de trabajo, hay que integrar todos los sistemas en un sistema general que se encargara de manipular los diferentes tipos de datos para publicar los indicadores requeridos por parte de Panduit.

Existen dos sistemas importantes y de los cuales el sistema integrador dependerá de ellos para realizar su correcto funcionamiento, y consiste en dos programas diferentes realizados por trabajadores de Panduit. El programa número 1, está diseñado para funcionar en dos mesas de trabajos conocidas dentro de la planta como Kits 1 y Kits 2; y el programa número 2 fue diseñado para trabajar en las 8 mesas de empaque auto bagger. En el capítulo 5 se hablara con más detalles el funcionamiento de estos programas y sus respectivos cambios para adaptarlo al nuevo sistema y también para realizarles mejoras.

Se realizó un proceso de obtención e investigación de información a fondo en los siguientes puntos:

- Parámetros de productividad como el OEE y entre otros.
- Equipos utilizados para cada proceso de empaque: esto es de importancia ya que se tiene que tener presentes las características de cada escáner, banda transportadora, mesas, selladora de bolsas, controladores, computador y entre otros, para poder hacer la integración de todos estos equipos.
- Flexibilidad para la modificación de ciertos equipos: es importante ya que podría presentarse problemas de conexiones de un equipo a otro, y al conocer la flexibilidad para realizar interfaces de acoplamiento o alguna modificación interna entre los equipos, facilita realizar la comunicación con la aplicación principal.
- Código fuente de la interfaz existente: es importante analizar el código fuente, para conocer el diseño y la estructura de la aplicación existente y conocer si se tendrá que realizar modificaciones a esta aplicación base o realizar una nueva aplicación por

completo ya sea para el programa que funciona en las dos mesas de Kits o para el programa que funciona en las 8 mesas de auto baggers.

- Disponibilidad de los equipos para no interrumpir la producción: conocer los periodos de tiempos en donde los equipos se pueden manipular para realizar los trabajos de comunicación y análisis de los mismos es muy importante para no causar paros en las líneas innecesarios que podría causar un desequilibrio en la producción de la empresa.
- Tipo de producto empacado: conocer los productos que se empacan es importante para así analizar la variable de producto defectuoso, ya que si no se tiene un patrón para comparar si el producto posee defectos, no se podría controlar esta variable fundamental que se necesita para obtener el valor de calidad.
- Eficiencia del diseño actual, realizar un análisis de la eficiencia que posee las líneas de empacada es importante para conocer al final del proyecto en cuanto se mejoró con la implementación de la aplicación.
- Estudio de las organización interna de las bases de datos dentro de Panduit: esto punto es de gran importancia porque se puede tener un panorama más claro de cómo se están guardando los datos y de donde se están obteniendo los datos para manipularlos.
- Investigación de los módulos de LabView necesarios para realizar correctamente el proyecto.

4.3 Evaluación de las diferentes soluciones y síntesis de la solución

En esta etapa fue necesario realizar un estudio de las aplicaciones existentes, para conocer las variables que se miden y las que se pueden reutilizar para obtener los índices de productividad para Panduit y a su vez conocer cómo se realizó las conexiones de los escáneres, balanzas, selladoras, y entre otros equipos con estas aplicaciones.

Al conocer cómo se realizó las conexiones de los equipos con las aplicaciones existentes, permite localizar los nuevos contadores o sensores necesarios para obtener los indicadores de productividad. También al momento de conocer el funcionamiento del código fuente de las diferentes aplicaciones permite mapear las variables de interés y realizar las modificaciones.

4.4 Desarrollo de la solución

Para desarrollar la solución se siguieron los siguientes pasos como se muestran a continuación:

- a) Estudio del código fuente de la aplicación implementada en las mesas de empaque de kits.
- b) Realizar las siguientes modificaciones en el código fuente de la aplicación implementada en las mesas de Kits.
 - Encontrar error que produce el paro permanente.
 - Solucionar el problema al guardar en las bases de datos.
 - Implementar una clasificación de los paros.
 - Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden (Trabajando-Pausada-Finalizada).
 - Implementar una nueva tabla en la bases de datos con la información de interés para realizar el monitoreo.
- c) Realizar las pruebas de la aplicación modificada en las mesas de Kits.
- d) Estudio del código fuente de la aplicación implementada en las mesas de empaque con auto baggers.
- e) Realizar las siguientes modificaciones en el código fuente de la aplicación implementada en las mesas de empaque con auto baggers.
 - Agregar las variables de tiempo de ejecución del programa.
 - Implementarle la opción de paro del proceso.
 - Implementar una clasificación de los paros.
 - Implementar una forma para monitorear partes defectuosas del proceso.
 - Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden (Trabajando-Pausada-Finalizada).
 - Implementar una nueva tabla en la bases de datos con la información de interés para realizar el monitoreo.
- f) Realizar las pruebas de la aplicación modificada en las mesas de empaque con auto baggers.

- g) Desarrollar una nueva aplicación por medio de LabView con las siguientes secciones:
- Menú principal.
 - Búsqueda de cajas por QC.
 - Tiempo Real.
 - Historial.
 - Reporte.
 - Pantalla de monitoreo.
 - Exportar a Excel datos de interés de las bases de datos.
- h) Analizar la propuesta para la automatización de unas de las líneas de empaque por medio de un robot.

4.5 Revaluación y re-diseños

Cuando cada etapa para la modificación de las diferentes aplicaciones este culminada se realizaría las pruebas para observar los puntos a corregir y mejorar para reparar los inconvenientes que se presenten.

Lo mismo se aplicará para depurar la nueva aplicación de monitoreo y que todas las secciones funcionen de una manera correcta.

CAPITULO 5. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 Herramientas utilizadas

Existen dos herramientas fundamentales que ayudan al proceso actualmente y se deben de conocer para poder realizar las modificaciones e implementaciones necesarias para cumplir con los objetivos, estas herramientas son: LabView 2015 y la tarjeta de relés Velleman k8090; estas dos herramientas interactúan entre sí, ya que LabView es el sistema que posee la lógica y control del proceso, pero por si solo no puede realizar las interfaces electrónicas-mecánicas para controlar ya sea la selladora de caja o señales luminosas o sonoras, y ahí es donde interviene la tarjeta de relés, en donde LabView le envía las señales para la activación de los relés por medio de un puerto USB (Universal Serial Bus). En la figura 4 se observa gráficamente la integración de los diferentes componentes con LabView y la tarjeta Velleman K8090.

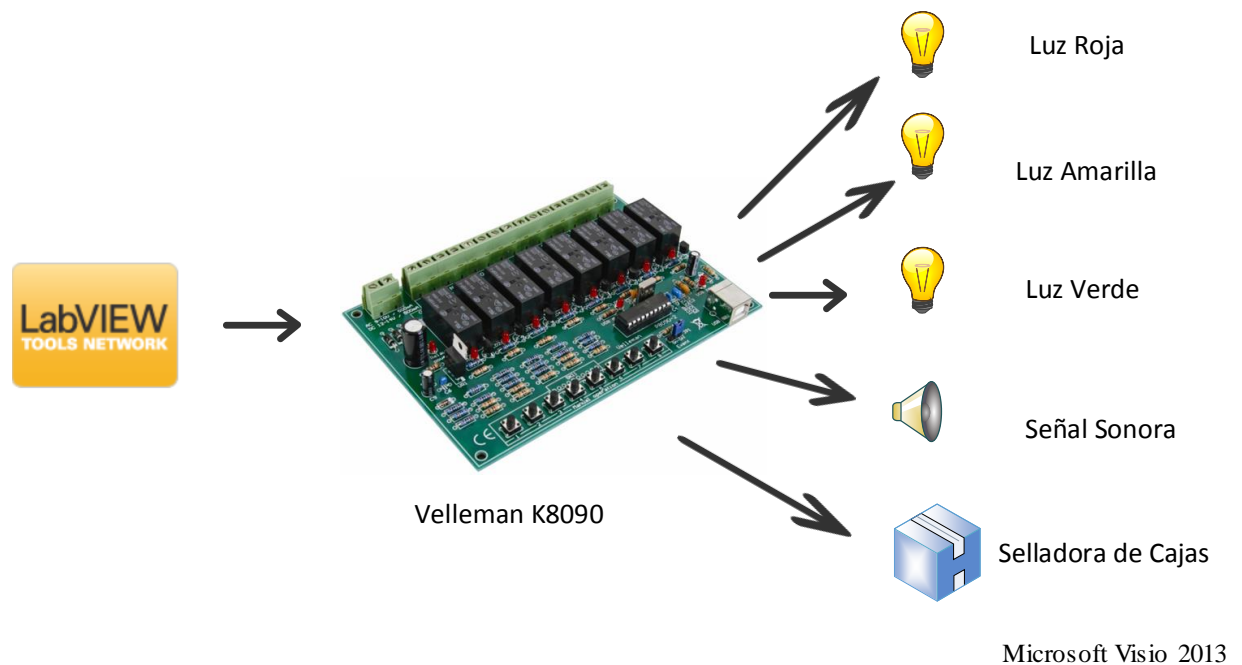


Figura 4 Integración de LabView - Velleman K8090

Fuente: (Ramírez, 2016)

5.1.1 LabView 2015 y sus toolkits

Para lograr integrar todos los sensores y actuadores relacionados en el proceso, se utiliza LabView que a su vez logra realizar las diferentes comunicaciones con los gestores de base de datos.

Entre las ventajas y razones por las que se utilizó LabView encontramos las siguientes:

- a. Panduit cuenta con las licencias para utilizar la plataforma y los toolkits para el manejo de base de datos.
- b. Ya existen aplicaciones realizadas con LabView en otras áreas de producción en Panduit.
- c. A nivel global, LabView esta siendo muy utilizado, por lo que existe mucho soporte por parte de NI y de otros desarrolladores.
- d. Tiene gran variedad de estructuras y herramientas que facilita la programación para aplicaciones industriales.

Entre sus desventajas que posee LabView son las siguientes:

- a. Al tener gran variedad de ciclos y VI's interactuando, complica el entendimiento de la lógica de programación para un nuevo desarrollador.
- b. LabView no es un Software libre, por lo que se tiene que invertir para adquirir las licencias para su uso legal.

5.2 Descripción de “hardware”

5.2.1 Tarjeta de Relés

Cada una de las ocho mesas de empaque con auto bagger utiliza una tarjeta de relés que es controlada por la aplicación y cada salida de la tarjeta activa diferentes señales. La señal 1, 2 y 3 es para activar las luces del semáforo verde, amarillo y rojo respectivamente; la señal 4 se utiliza para activar una sirena y la señal 5 se utiliza para activar la selladora de cajas.

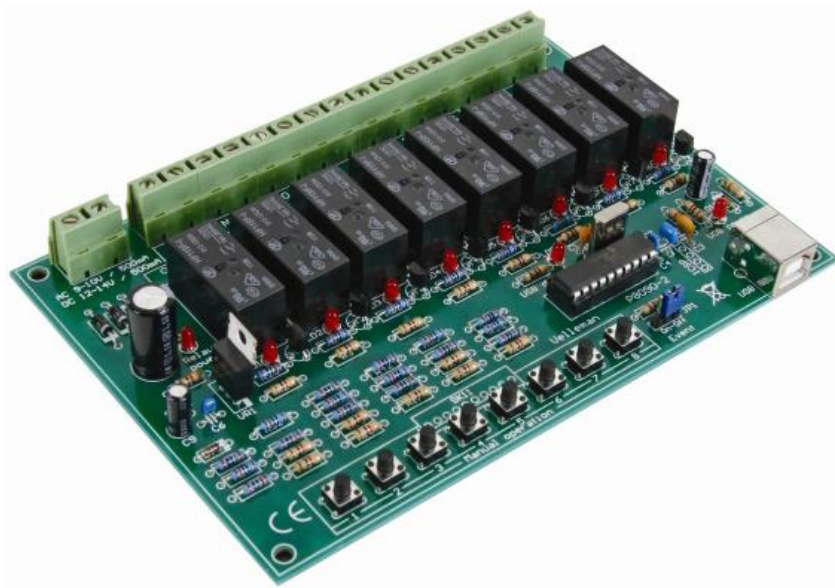
La tarjeta instalada en las mesas de empaque con auto bagger es la Velleman K8090 que posee las siguientes especificaciones técnicas:

- a. Tarjeta de relé controlada por USB.
- b. Fuente de alimentación para los relés: 9-10Vac o de 12 a 14Vdc (500mA).
- c. 8 salidas de relés de alta potencia de 16 A cada uno (con carga resistiva).
- d. Operación manual o por USB de los relés.
- e. Posee un DLL para desarrolladores.
- f. Orientado a eventos y protocolo abierto.
- g. Indicación del estado del relé por medio de un Led.

Para obtener más información relacionada con esta tarjeta como manuales, drivers, hojas de datos, archivo *.DLL entre otros, se encuentran en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.vellemanusa.com/support/downloads/?code=K8090>

Para poder entender mejor el funcionamiento del código fuente de la aplicación que utiliza esta tarjeta de relés, es necesario conocer las funciones del archivo *.DLL y como se relaciona con las diferente partes de la programación.



Microsoft Word 2013

Figura 5 Tarjeta Velleman K8090

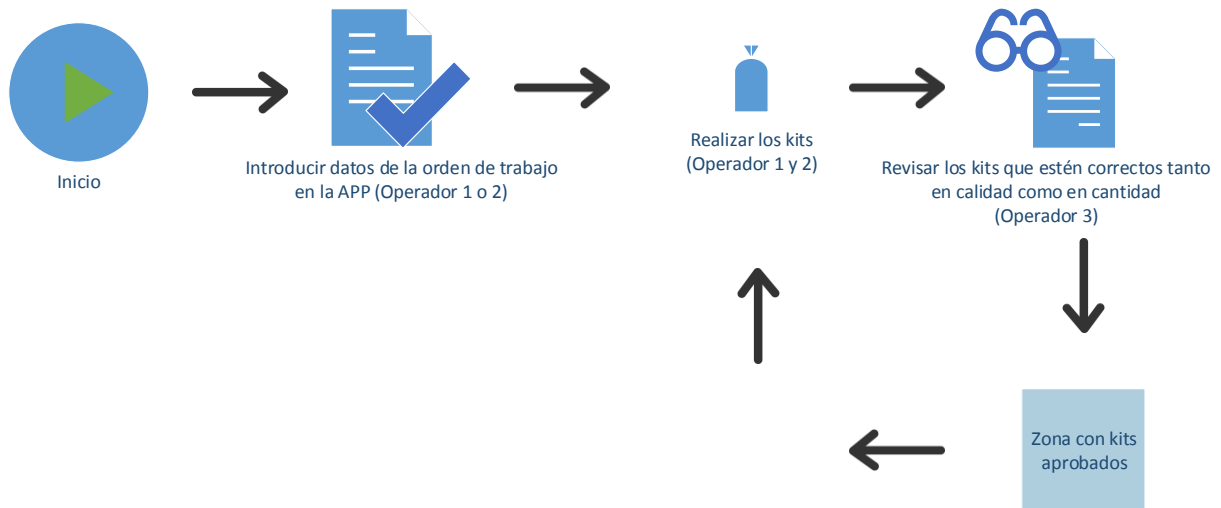
Fuente: (Velleman, 2016)

5.3 Descripción de “Software”

5.3.1 Modificaciones en la aplicación implementada en kits

Esta aplicación ayuda al operario a registrar en una base de datos información general del proceso cuando se trabaja en la realización de los kits. Para comprender con más detalle el funcionamiento de esta aplicación se describirá brevemente el proceso de empaque de kits, y sin muchos detalles debido a asuntos de confidencialidad por parte de Panduit.

El proceso inicia con una orden de trabajo en donde el operario debe de introducir en la aplicación de empaque para kits la información respectiva a la orden de trabajo, esta se encargará de buscar en una base de datos la información relacionada a esta orden de trabajo para poder iniciar con el empaque del mismo. Existen por lo general dos operarios encargados de armar estos kits, en donde se sella la bolsas y se escanean para que el sistema cuente cuantos kits se han realizado, posteriormente al escaneo de la bolsa; un operario se encarga de verificar que el kits esté completo y apruebe los controles de calidad; si existe algún desperfecto se descarta escaneando el kits en otro escáner y el sistema obtiene la lectura de un kits defectuoso. Hay que saber que cada bolsa en donde se empaca cada kits posee una código de barras único para cada bolsa y consecutivo. En la figura 6 se observa el proceso de empaque para los kits.



Microsoft Visio 2013

Figura 6 Proceso de empaque para kits

Fuente: (Ramírez, 2016)

El menú principal de la aplicación para empaque de kits se puede visualizar en la figura 7.



LabView 2015

Figura 7 Interfaz principal de la aplicación original de empaque de kits.

Fuente: (Ramírez, 2016)

La base de datos que almacena la información del proceso posee varias tablas como se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4 Descripción de las tablas existentes en la base de datos para el empaque de kits

Nombre de la tabla	Descripción
Historial	En esta tabla guarda información de cada bolsa escaneada cuando el kits esta armado, la hora en la que se escaneo y el nombre del operario que realizo el empaque entre otros datos.
Horas trabajadas	Esta tabla se encarga de guardar las horas en las que el operario trabajo con el sistema.
Indicadores	En esta tabla se guarda indicadores de productividad como son el OEE-Calidad-Eficiencia-Disponibilidad.
Setup	Guarda los nombres de las personas encargadas de trabajar en la orden de trabajo y entre otros datos.
Tiempo sellado	Esta tabla posee los tiempos que deben de durar los operarios para realizar 1 kit.

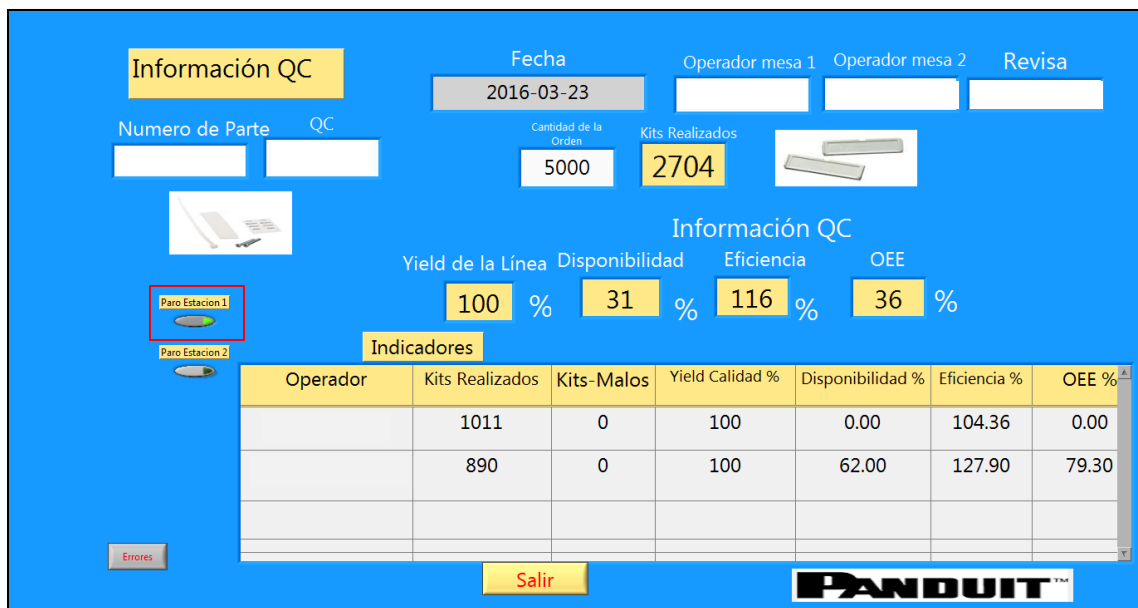
Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

5.3.1.1 Corrección del paro permanente

La aplicación de empaque de kits posee la opción de realizar un paro del proceso, este paro se desactiva cuando el escáner detecta una lectura en el buffer (le pasaron una bolsa para su lectura) o el operario presiona el botón de paro nuevamente.

El error que existe con el botón de paro, consiste en que siempre se mantiene activado por parte de la estación 1 (ver figura 8), excepto cuando se escanea una bolsa, el botón se desactiva unos milisegundos y se vuelve a activar en modo de paro, porque el escáner no posee ninguna lectura en el buffer, por lo que implica que se está guardando datos erróneos del operador 1 y se visualiza en el monitor de la computadora valores de disponibilidad que no corresponden con

los reales por parte del operador de la estación 1. Para la figura 8 se borró los nombres de los operarios, número de QC y número de parte por cuestiones de confidencialidad.



LabView 2015

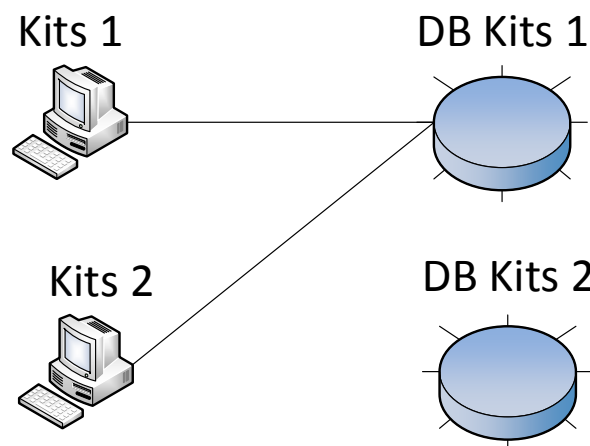
Figura 8 Interfaz original de la aplicación de empaque de kits.
Fuente: (Ramírez, 2016)

Previamente se había realizado un estudio del proceso en planta de cómo funciona el programa y un estudio de cómo funciona el programa a lo interno, al mapear variables de interés como las que controla las lecturas por parte de los escáneres y las que controla los tiempos de paro con el botón de paro de la estación 1, y se encontró que cuando el escáner posee lectura el paro tenía que estar desactivado y cuando no poseía lectura el paro debía de esta activado, por lo que se cambió esta lógica errónea a la siguiente lógica: cuando no existía lectura por parte del escáner, no realizará ninguna modificación de la variable del botón de paro del estación 1 y mantuviera la condición del botón, ya sea activado o desactivado.

5.3.1.2 Corrección del problema al guardar en las bases de datos

El programa guarda la información en una base de datos que se encuentra en servidor llamado “drive M”, en donde se definió una carpeta específica para almacenar los archivos de Microsoft Access, en donde se encuentra una base de datos para la mesa de kits 1 con sus respectivas tablas y otra base de datos para la mesa de kits 2.

El problema que se presenta con la aplicación original, consiste en que cuando se desea guardar información de la mesa de kits 2, lo debe de guardar en la base de datos destinada para esta mesa, pero no lo está haciendo, la información se está guardando en la base de datos de la mesa kits 1. Para visualizar el problema de una manera gráfica se puede ver en la figura 9.



Microsoft Visio 2013

Figura 9 Problema presentado al guardar información de la estación de kits 2

Fuente: (Ramírez, 2016)

Para poder solucionar este problema a la hora de organizar los datos a guardar, se tuvo que analizar la parte de cómo se le asignaba la dirección o “Path” para localizar la base de datos, al conocer cómo el programa maneja internamente el “Path”, se encontró que posee solo la dirección que localiza la base de datos destinada solo para la mesa de kits.

Para incorporar el “Path” de la mesa de kits 2 se tuvo que realizar un algoritmo de selección de la dirección 1 o la dirección 2. Este algoritmo posee la siguiente lógica:

- a) Al iniciar el programa, este obtiene el nombre de la computadora por medio de la función de LabView que se comunica con el “command prompt” de Windows.

- b) Cuando se conoce el nombre del computador donde se ejecuta el programa se procede a realizar la vinculación del “Path” correspondiente, a este nombre de computador.
- c) Si se instala en un computador diferente, la información guardada se almacenara en la base de datos de la mesa kits 1.

Con la modificación realizada, la información de la estación de kits 2 está guardando en la base de datos correcta, y de manera gráfica se observa en la figura 10.

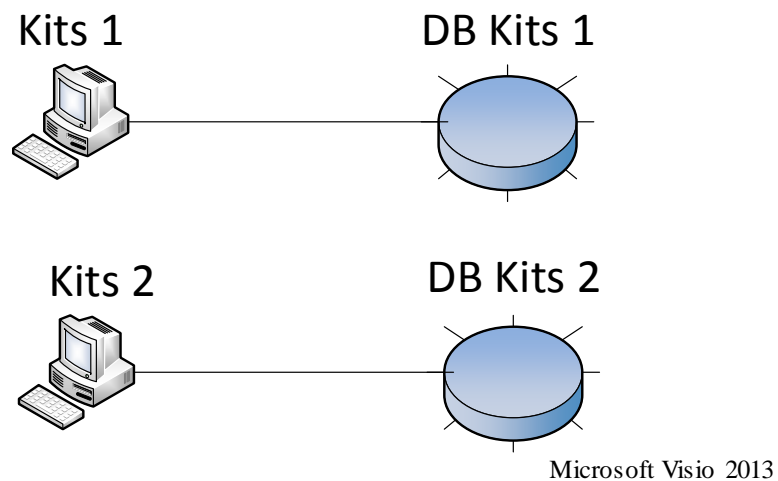


Figura 10 Problema corregido al guardar información de la estación de kits 2
 Fuente: (Ramírez, 2016)

5.3.1.3 Implementar una clasificación de paro

Dentro de la línea de empaque se puede presentar varios tipos de paros y el más común está el paro del proceso porque el operario anda en el servicio sanitario pero asegurar esto no se puede porque no existe una forma cuantitativa para medir este paro, por lo que se desea llevar un control más ordenado de los diferentes paros que se producen en las diferentes mesas de empackado, por lo que surge la necesidad de cómo implementar esta opción dentro del paro que existe en la aplicación y registrarlo en una tabla de la base de datos con el respectivo tiempo que transcurrió.

Para ello se reunió con los encargados del área de empackado para definir los diferentes motivos de paros que se pueden presentar en las mesas de kits. En la tabla 5 del punto 5.3.1.5 se observa los diferentes paros que se van a registrar.

Para poder seleccionar el tipo de paro producido se presentó la idea de implementarlo en una pestaña nueva en donde exista un botón para cada tipo de paro que se desea registrar, pero se descartó al tener que realizar un cambio de pestaña innecesaria ya que se puede realizar el paro sin la necesidad de realizar este paso, con una herramienta conocida como “ComboBox”, esta permite desplegar una lista con el nombre de cada uno de los paros sin la necesidad de realizar el paso adicional de cambiar de pestaña. En la figura 11 se observa en el recuadro rojo la sección donde se reordenaron los botones de paros, para que fuera fácil de seleccionar la causa del mismo por parte del operador, ya que si tuviera que cambiar de pestaña, podría suceder que el operario no registre el paro que se produce porque tendría que realizar este paso adicional.

Información QC

Fecha: 2016-04-19

Tiempo Trabajado: 0:0:0

Operador Mesa 1: []

Operador Mesa 2: []

Revisa: []

Número de Parte: []

Número de QC: []

Cantidad de la Orden: []

Kits Malos: 0

Kits Realizado: 0

Yield de la Línea: 0 %

Disponibilidad: 0 %

Eficiencia: 0 %

OEE: 0 %

Indicadores

Operador	Kits Realizados	Kits Malos	Yield Calidad %	Disponibilidad %	Eficiencia %	OEE %

Motivo del Paro Operario 1: [Baño]

Paro Operario 1: []

Motivo del Paro Operario 2: [Baño]

Paro Operario 2: []

Salir

PANDUIT

Errores

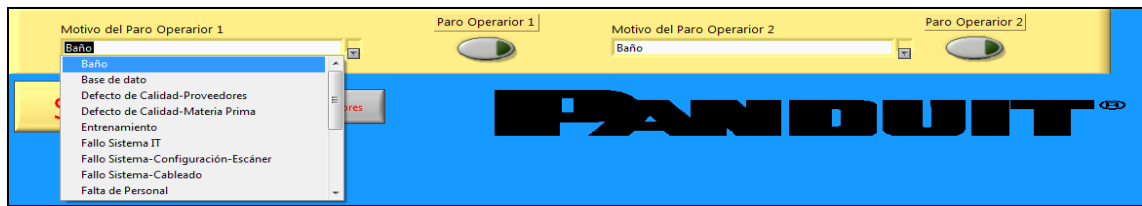
LabView 2015

Figura 11 Menú de empacado con los cambios realizados para la aplicación de empaque de kits
Fuente: (Ramírez, 2016)

Para realizar el correcto accionamiento del paro hay que realizar los siguientes pasos:

- a) Se debe de saber cuál operario va a realizar el paro
- b) Hay que conocer el motivo que causa el paro
- c) Buscar dentro de la lista que ofrece la aplicación el paro correspondiente, en la figura 12 se puede observar una parte de la lista.
- d) Presionar el botón de paro correspondiente al operario

Para desactivar el paro se puede hacer por dos formas, una es volviendo a presionar el botón de paro para desactivarlo o la otra opción consiste en realizar el escaneo de una nueva bolsa de kits y automáticamente el botón y el paro se desactivan.



LabView 2015

Figura 12 Menú de empacado con los cambios realizados para la aplicación de empaque de kits

Fuente: (Ramírez, 2016)

5.3.1.4 Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden.

Las ordenes durante el proceso puede mantener varios estados, y conocerlos por parte de los encargados de producción es de suma importancia porque así se sabrá si realmente se está trabajando en ella y en la mesa en la que se designó.

Existen tres condiciones de la orden como lo vemos a continuación:

- a) El primer estado se llama trabajando, este estado indica que el producto correspondiente al número de orden se está empacando normalmente sin ningún imprevisto, y para llevar a cabo la implementación dentro del programa se debió de estudiar la estructura del código fuente para conocer las partes en donde el programa mantiene el proceso con normalidad, y este guarda el estado en la base de datos actualizando la casilla correspondiente al número de QC con el nombre de “Trabajando”. Las actualizaciones se dan en el momento del Setup del proceso, porque antes de realizarlo, puede

presentarse que la orden sea nueva para la base de datos o que ya exista pero posea el estado de finalizada por lo que habría que cambiar el estado a “Trabajando”. También el valor de la casilla designada para el estado de la orden se actualiza cuando el proceso sale de un paro por parte de los operarios.

- b) El segundo estado de la orden que se puede presentar es el de “Pausado”, este estado indicaría que los trabajos que se están realizando en la orden respectiva se encuentran detenidos totalmente. El proceso de empaque de kits consta de dos operarios que deben de estar empacando si uno de ellos se encuentra con un paro, el proceso está detenido parcialmente o trabajando con un 50% de su capacidad productiva, por lo que no se debe de interpretar que la orden esta pausada, este estado ocurre cuando los dos operarios están con paro, por lo que el proceso de empaque si se interrumpe completamente y el estado en la base de datos cambiaría a “Pausado”, para poder implementarlo de una manera correcta, se efectuó el estudio previo del código fuentes para conocer las variables que son afectadas en la ejecución del mismo y localizar la parte del programa en donde se debe de realizar el cambio de valor de la base de datos a “Pausado”.
- c) El tercer estado consiste en que el proceso de empaque para una orden está terminado pero con la salvedad de que no implica que esta orden este cerrada. Esto quiere decir en otras palabras que el proceso de empaque se detuvo totalmente por lo que está finalizado y pueda que la orden este completa o incompleta. Este estado ocurre en el momento que el operario cierra el programa por completo. Y para implementar esta condición dentro del código fuente, se debió de realizar el estudio del mismo para conocer en donde se localizaba los botones de salir y así posteriormente se enviaría a la base de datos el estado de “Finalizada” que le corresponde al número de orden en el que se estaba trabajando.

5.3.1.5 Implementar una nueva tabla con los datos de interés.

Guardar los datos de las variables de interés es de suma importancia porque así los encargados de producción tienen valores para poder controlar el proceso al conocer si una mesa está presentando valores fuera de lo normal, ya sea positivos o negativos. Las variables nuevas que se guardarán en la base de datos para la aplicación de empaque de kits se definieron con los encargados de producción para saber cuáles las indispensables para lograr la monitorización de la productividad de todas las mesas y controlar los paros producidos. A continuación se describen cada variable de la nueva tabla llamada "Otros_Datos" que se incorporará a cada base de datos para las mesas de kits.

Tabla 5 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de empaque de kits

Variable	Nombre	Descripción
QC	Número de orden	Es la identificación de la orden de un cliente.
Num_Parte	Número de parte	Es la identificación del número de parte que se necesita en la orden.
Estado_Proceso	Estado proceso	Indica el estado de la orden, ya sea, finalizada, pausada o trabajando.
Fecha_Inicio	Fecha de inicio	Indica el instante que se empezó a trabajar la orden por primera vez.
Fecha_Cierre	Fecha de cierre	Indica la última vez que la orden se puso en "Finalizada".
Mesa	Número de mesa	Indica el número de mesa en donde se está trabajando en la orden.
Partes_Producidas	Partes producidas	Indica la cantidad de partes producidas sin ningún desperfecto.
Partes_Defectuosas	Partes defectuosas	Indica la cantidad de partes producidas pero que están defectuosas.

P_Baño	Paro por ida al baño	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el operario va al baño.
P_DB	Paro por falla en base de datos	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el operario va al baño.
P_Labview	Paro por falla en LabView	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque LabView falla.
F_S_IT	Paro por falla en sistema IT	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el sistema de IT falla.
F_S_C_S	Paro por fallo en sistema de configuración escáner	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el escáner no funciona correctamente.
F_S_C_C	Paro por fallo en sistema de configuración en el cableado	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la configuración de algún cable está conectado incorrectamente.
P_Selladora	Paro por fallo en la selladora	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la selladora de bolsa no funciona o sella con mala calidad.
Setup	Tiempo de setup	Guarda el tiempo acumulado de los Setup producidos en la orden.
P_MTO	Paro por mantenimiento	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque mantenimiento está realizando trabajos en la mesa respectiva.

P_ING	Paro por ingeniería	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el departamento de ingeniería está trabajando en la mesa.
P_MP	Paro por materia prima	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque no hay materia prima para trabajar en la orden.
P_D_C_P	Defecto por calidad proveedores	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la materia prima que suplen los proveedores pasan los controles por parte del departamento de calidad.
P_D_C_M_P	Defecto de calidad materia prima	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la materia prima no pasa los controles por parte del departamento de calidad.
P_M_S	Paro por mal sellado	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el sellado de las bolsas no se realiza correctamente.
P_Electrico	Paro eléctrico	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque existe una falla eléctrica en algún equipo de la mesa.
P_FP	Paro por falta de personal	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque no hay suficiente personal para realizar las labores respectivas en la orden.

P_Entrenamiento	Paro por entrenamiento	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque se le está dando la inducción al sistema a un operario nuevo.
T_Muerto	Tiempo muerto	Guarda el tiempo acumulado de todos los tipos de paros que se presenta en la mesa.
T_TotalOrden	Tiempo total de la orden	Guarda el tiempo acumulado desde que se inició la orden hasta que se termina de trabajar en la misma, incluyendo los paros.
Yield	Calidad	Nos indica la calidad del proceso asociado a la orden.
Availability	Disponibilidad	Nos indica la disponibilidad del proceso asociado a la orden.
Eficiencia	Eficiencia	Nos indica la eficiencia del proceso asociado a la orden.
OEE	OEE	Nos indica el OEE del proceso asociado a la orden.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

5.3.2 Modificaciones en la aplicación implementada en las mesas de empaque con auto baggers.

Esta aplicación ayuda al operario a registrar en una base de datos información general del proceso de empaque y para comprender con más detalle el funcionamiento de esta aplicación se describirá brevemente el proceso de empaque y sin muchos detalles debido a asuntos de confidencialidad por parte de Panduit.

El proceso inicia con una orden de trabajo en donde el operario debe de introducir en la aplicación de empaque el número de QC, esta se encargará de buscar en una base de datos la información relacionada a esta orden de trabajo para poder iniciar con el empaque del mismo.

Existen por lo general dos operarios encargados del proceso de empaque, el operario 1 se encarga de introducir los productos en una bolsa, esta bolsa lleva el número de parte respectiva a la orden y su respectivo kits, si es que lleva kits este número de parte. Este proceso lo realiza con la ayuda de una auto bagger, la cual se encarga de imprimir sobre la bolsa la información respectiva y de cerrar la bolsa.

Cuando la bolsa está completamente cerrada, esta cae en una banda transportadora la cual lleva el producto a una zona donde se acumula las bolsas para que el operario 2 inicie con su trabajo en el proceso.

El operario 2 ya debió de haber realizado el setup de la aplicación, que consiste en introducir el número de orden, escanear su carné y el carné del monitor que aprueba el proceso para iniciar el empaque.

Ellos deben de conocer por completo el funcionamiento de la aplicación para que no surja errores que pueda rechazar la caja que van a empacar, para saber que la caja lleva las bolsas correctas, el sistema verifica el número de bolsas escaneadas y por la cantidad de peso total de la caja, para conocer si hace falta bolsas o existe bolsas adicionales en la caja.

Cuando el sistema aprueba que la caja posee la cantidad correcta y el peso correcto, activa la señal para que se pueda escanear el código de la caja, cuando se escanea este código el sistema permite guardar en la base de datos los códigos de las bolsas que están dentro de la caja y el

código de la caja también es guardado en la base de datos con su fecha respectiva, también el operario que realizó el empaque y entre otros datos adicionales. También el sistema activa en ese instante la señal para que funcione la selladora de caja y el operario debe de introducir la caja para que la sellen y esté lista para entarimar.

En caso de que algún escáner o balanza tenga una lectura errónea o de otro código para la caja que se está realizando, el sistema resetea el conteo de las bolsas y hay que sacar todas las bolsas y reiniciar el empaque de ese caja. El proceso de empaque de las partes moldeadas se describe en la figura 13.

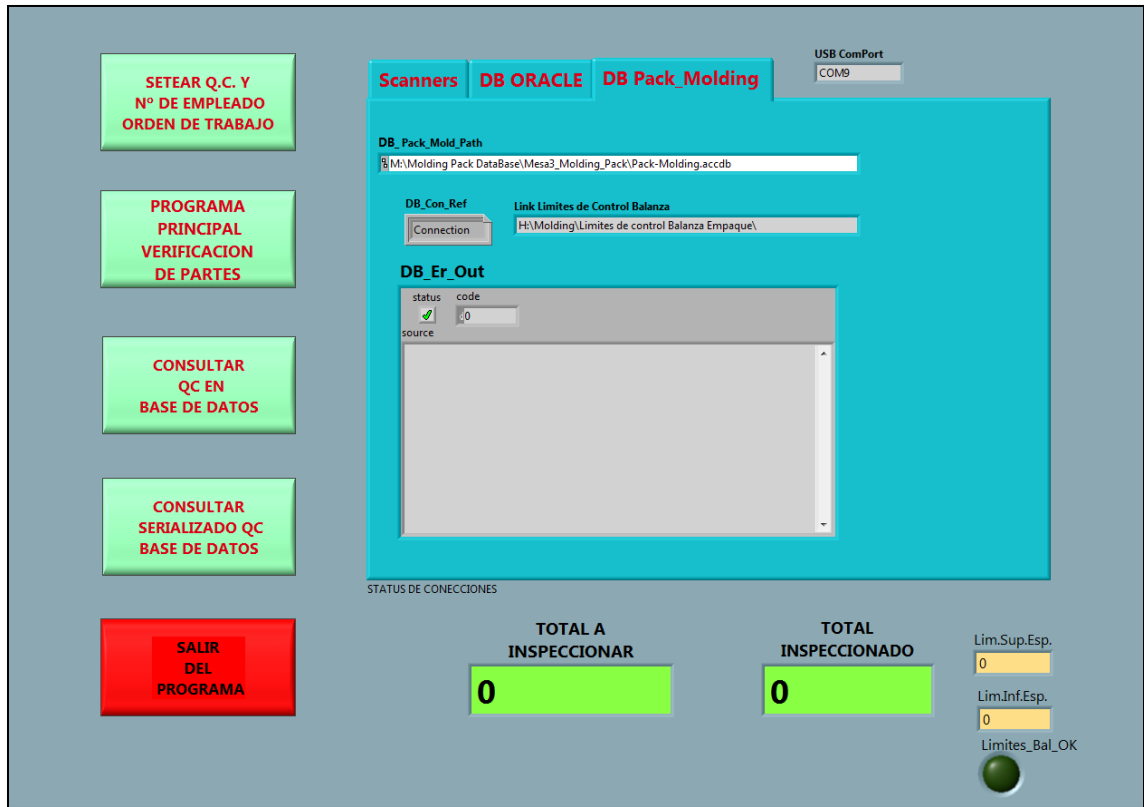


Microsoft Visio 2013

Figura 13 Proceso de empaque con auto bagger

Fuente: (Ramírez, 2016)

El menú principal de la aplicación para empaque con auto baggers se puede visualizar en la figura 14.



LabView 2015

Figura 14 Interfaz original del menú principal para la aplicación de empaque con auto baggers
Fuente: (Ramírez, 2016)

La base de datos que almacena la información del proceso posee varias tablas como se describen en la siguiente tabla.

Tabla 6 Tablas de la base de datos para el empaque con auto baggers

Nombre de la tabla	Descripción
Data_Pack	En esta tabla guarda información de cada bolsa escaneada, como la hora en la que se escaneo, el nombre del operario que realizo el empaque, número de parte, el número de QC y entre otros datos.
QC_Cajas	Esta tabla se encarga de guardar información relacionada con el código que posee las etiquetas de cada caja, como su hora de empaque, el peso total de la caja y entre otros datos.
Usuarios_Accesos	En esta tabla se guarda los números de carnets para los operarios encargados de aprobar los setups de cada orden, y de esta tabla el programa lee quienes están autorizados para realizar esta aprobación.
Users_Level1	Guarda los nombres de los operarios autorizados para realizar la acción de setups y empaque de las ordene.
Weighting_Control	Esta tabla posee los límites de peso para cada caja, tanto el límite superior, el promedio y el inferior, el programa verifica el número de parte en la tabla para extraer los valores y utilizarlos para empacar.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Hay que tener claro que esta aplicación no realiza los cálculos de los indicadores de productividad como sí la hace la ampliación implementa en las mesas de empaque para kits, por lo que hay evaluar las variable nuevas y las que se pueden reutilizar para lograr obtener estos indicadores en tiempo real.

5.3.2.1 Agregar variables de tiempo de ejecución del programa.

Unos de los indicadores de productividad son la eficiencia y disponibilidad, para obtener los valores de estos indicadores se necesita conocer tiempos de operación del proceso y para su correcta interpretación se da en función del tiempo, por lo que obtener variables de tiempo del proceso es de suma importancia.

Al conocer las ecuaciones de estos indicadores se llegó a la conclusión que solamente se debe de proceder a calcular el tiempo total de la ejecución del programa y los tiempos muertos del programa. Ya que para calcular la disponibilidad se necesita el tiempo disponible y el tiempo muerto como se observa en la sección 3.2, y para obtener la eficiencia se necesita el tiempo disponible como se observa en la sección 3.3, y el tiempo disponible se obtiene al restar el tiempo muerto al tiempo total.

$$Tiempo_{Disponible} = Tiempo_{Total} - Tiempo_{muerto} \quad (5.1)$$

5.3.2.2 Implementarle la opción de paro del proceso

Todos los procesos industriales pueden presentar paros repentinos o planificados y para el empacado con auto-baggers en Panduit no es la excepción del caso; por lo que se añadirá la opción de que el proceso pueda presentar una forma que el operario o encargados puedan producir el paro a la aplicación.

Para lograr este objetivo se recurrió a un estudio completo de la aplicación para conocer el funcionamiento de cada sección del código fuente para así evitar futuros problemas que se puedan presentar. En la sección 5.3.2.3 se explica con más detalle la forma de activar y desactivar el paro.

5.3.2.3 Implementar una clasificación de los paros.

Como se sabe, en la línea de empaque se pueden presentar diversos tipos de paros, por lo que llevar el control de la causa de este paro es de suma importancia para conocer cuáles son los más críticos para los indicadores de productividad, también para controlar de una forma más rigurosa los paros debido a las necesidades fisiológicas.

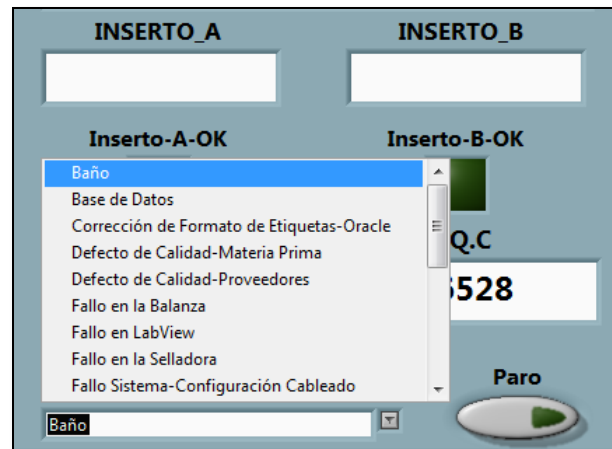
Para solventar la necesidad de registrar los diferentes tipos de paros se recurrió a realizar las modificaciones en el código fuente de esta aplicación para registrar en una tabla de la base de datos con los tiempos clasificados de cada paro.

Para definir los diferentes tipos de paros que se presentan y pudiesen presentar a futuro en esta área se realizó una reunión con los encargados del área de empaquetado para definir las diferentes causas de los paros y poder asignarles los nombres respectivos. En la tabla 7 en el punto 5.3.2.6 se observa los diferentes paros que se van a registrar.

Para realizar el paro respectivo de una forma fácil para los operarios se decidió implementarlo con la ayuda de la herramienta conocida como “ComboBox” en LabView, la cual permite desplegar una lista con el nombre de cada uno de los paros que se pudiesen presentar.

Para realizar el correcto accionamiento del paro hay que realizar los siguientes pasos:

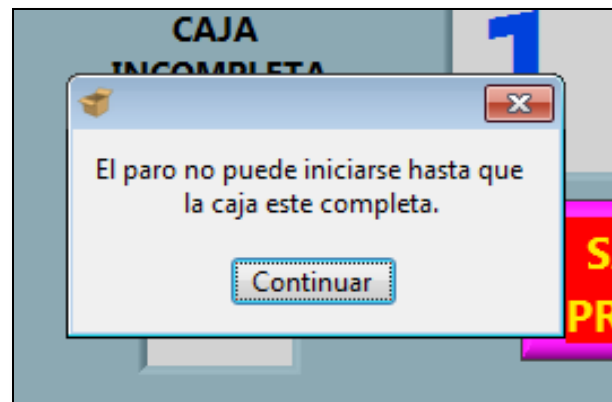
- a) Hay que conocer la causa del paro.
- b) Buscar dentro de la lista que ofrece la aplicación el paro correspondiente; en la figura 15 se puede observar una parte de la lista.
- c) Y por último hay que presionar el botón del paro.



LabView 2015

Figura 15 Lista de paros implementado en la APP de empaque con auto baggers
Fuente: (Ramírez, 2016)

Hay que hacer la observación que el paro solo se puede activar si la caja que se estaba empacando ya está completa, por lo que si se activa en el momento que se está trabajando en la realización de una caja, el sistema despliega un mensaje alertando que no se puede realizar esta acción hasta que se complete la caja, el mensaje se puede observar en la figura 13.

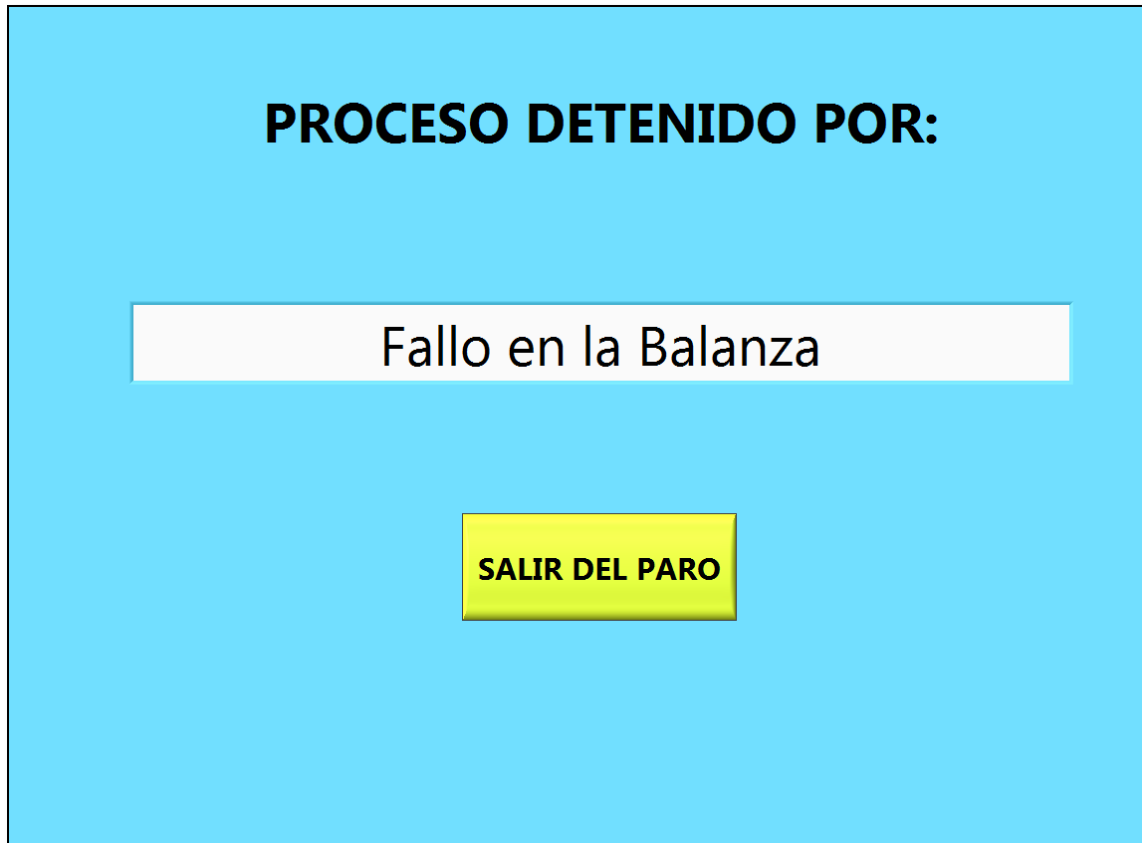


LabView 2015

Figura 16 Mensaje que advierte que la caja no está completa para producirse un paro
Fuente: (Ramírez, 2016)

Cuando el paro está activado se visualizará una nueva pantalla que bloquea la manipulación de la aplicación y para poder reactivar el proceso se tiene que presionar el botón “Salir del paro”

de la figura 14 y posteriormente el operario puede continuar con normalidad, pero internamente el tiempo del paro producido se registra en la tabla respectiva a dicha mesa.



LabView 2015

Figura 17 Pantalla que indica que se ha producido un paro en el proceso
Fuente: (Ramírez, 2016)

5.3.2.4 Implementar una forma para monitorear partes defectuosas del proceso.

Para poder obtener el calidad es necesario tener la cantidad de piezas defectuosas ya sea que no pasa por los estándares de calidad, o porque posea algún desperfecto o contenga un numero de partes incorrecta; por ello se implementó en la interfaz existente una botón encargado de sumar y una sección para visualizar la cantidad de piezas defectuosas que lleva la orden en la que se está trabajando.

Para sumar una parte mala el operador debe de presionar el botón de sumar que se ve en la figura 18 y posteriormente el sistema guarda en la base de datos esta información.



LabView 2015

Figura 18 Sección de partes defectuosas

Fuente: (Ramírez, 2016)

5.3.2.5 Implementar en la base de datos la opción del estado de la orden (Trabajando-Pausada-Finalizada)

Para los encargados de producción es muy importante conocer el estado de la orden porque así sabrán si realmente se está trabajando en ella y en la mesa en la que fue designada.

Existen tres condiciones de la orden como lo vemos a continuación:

- a) El primer estado que puede tomar la orden es cuando se está trabajando en ella y se le conoce con el nombre de “Trabajando”, este estado nos indica que el número de parte en la mesa designada se está empacando con normalidad sin ningún imprevisto, y para poder realizar la implementación de este estado en el programa existente se debió de estudiar la estructura del código fuente ya que se tenía que conocer las partes en donde el programa mantiene el proceso en ejecución para evitar conflictos que se pudieran presentar en la programación. Para lograr actualizar el estado de la orden en la tabla se realiza en la sección del Setup de la orden, porque puede presentarse dos casos, el primero consiste en que la orden sea nueva por lo que se tiene que añadir una nueva fila con la información correspondiente a cada columna de la tabla y el segundo caso que se puede presentar es que la orden se volviera a abrir para realizar los trabajos faltantes en ella por lo que la orden posee un estado de finalizada y se tendría que actualizar por el estado de “Trabajando”. También esta casilla designada para el estado de la orden se actualiza cuando el proceso finaliza un paro por parte de los operarios.

- b) El segundo estado que la orden puede presentar es el de “Pausado”, este estado indica que el proceso de empacada en la mesa respectiva, está detenido completamente, para lograr la implementación dentro del código fuente, se efectuó el estudio previo del código fuentes para conocer las variables que son afectadas en la ejecución del mismo y localizar la parte del programa en donde se debe de guardar los estados de “Pausado”.
- c) El tercer estado de la orden es el de “Finalizada”, este nos indica que los trabajo de empaque para ese QC ya han finalizados en la mesa, pero no implica que la orden esté terminada completamente con la cantidad de cajas solicitadas, en otras palabras el proceso de empaque se detuvo totalmente por lo que ha finalizado y pueda que la orden este completa o incompleta. Este estado ocurre en el momento que el operario cierra el programa por completo y para conocer donde realizar la actualización del estado a “Finalizada” de la orden dentro de la base de datos se realizó el estudio del mismo para conocer en donde se localizaba los botones de salir.

5.3.2.6 Implementar una nueva tabla en la bases de datos con la información de interés para realizar el monitoreo.

Las nuevas variables que se guardarán en la base de datos para la aplicación de empaque con auto baggers fueron definidas al reunir a los encargados de producción y estas son indispensables para lograr la monitorización de la productividad de todas las mesas y controlar los paros producidos. En la siguiente tabla se encuentra una descripción de cada variable que se almacenara en la base de datos con el nombre de tabla “Tipos_Paros”.

Tabla 7 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de empaque con auto baggers

Variable	Nombre	Descripción
QC	Número de orden	Es la identificación de la orden de un cliente.
Num_Parte	Número de parte	Es la identificación del número de parte que se necesita en la orden.
Estado_Proceso	Estado proceso	Indica el estado de la orden, ya sea, finalizada, pausada o trabajando.
Fecha_Inicio	Fecha de inicio	Indica el instante que se empezó a trabajar la orden por primera vez.
Fecha_Cierre	Fecha de cierre	Indica la última vez que la orden se puso en “Finalizada”.
Mesa	Número de mesa	Indica el número de mesa en donde se está trabajando en la orden.
Partes_Producidas	Partes producidas	Indica la cantidad de partes producidas sin ningún desperfecto.
Partes_Defectuosas	Partes defectuosas	Indica la cantidad de partes producidas pero que están defectuosas.
P_Baño	Paro por ida al baño	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el operario va al baño.
P_DB	Paro por falla en base de datos	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el operario va al baño.
P_Labview	Paro por falla en LabView	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque LabView falla.

F_S_IT	Paro por falla en sistema IT	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el sistema de IT falla.
F_S_C_S	Paro por fallo en sistema de configuración escáner	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el escáner no funciona correctamente.
F_S_C_C	Paro por fallo en sistema de configuración en el cableado	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la configuración de algún cable está conectado incorrectamente.
P_Balanza	Paro por fallo en la balanza	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la balanza no funciona o presenta algún problema.
P_Selladora	Paro por fallo en la selladora	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la selladora de bolsa no funciona o sella con mala calidad.
Setup	Tiempo de setup	Guarda el tiempo acumulado de los Setup producidos en la orden.
P_MTO	Paro por mantenimiento	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque mantenimiento está realizando trabajos en la mesa respectiva.
P_ING	Paro por ingeniería	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el departamento de ingeniería está trabajando en la mesa.
P_MP	Paro por materia prima	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque no hay

		materia prima para trabajar en la orden.
P_D_C_P	Defecto por calidad proveedores	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la materia prima que suplen los proveedores pasan los controles por parte del departamento de calidad.
P_D_C_M_P	Defecto de calidad materia prima	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la materia prima no pasa los controles por parte del departamento de calidad.
P_M_S	Paro por mal sellado	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el sellado de las bolsas no se realiza correctamente.
P_M_I	Paro por mala impresión	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la impresora de bolsas esta presentado un error.
P_O_CF_E	Paro por Oracle Corrección de Formato de Etiquetas	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la impresora está imprimiendo correctamente pero la información de la impresión posee algún error.
P_O_FS_IT	Paro por Oracle Fallo sistema IT	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque la Oracle esta presentado problemas.
P_Electrico	Paro eléctrico	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque existe una falla eléctrica en algún equipo de la mesa.

P_FP	Paro por falta de personal	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque no hay suficiente personal para realizar las labores respectivas en la orden.
P_FA	Paro por falta de aprobación.	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque el supervisor no se encuentra en la planta para realizar la aprobación.
P_Entrenamiento	Paro por entrenamiento	Guarda el tiempo acumulado de los paros producidos porque se le está dando la inducción al sistema a un operario nuevo.
T_Muerto	Tiempo muerto	Guarda el tiempo acumulado de todos los tipos de paros que se presenta en la mesa.
T_Total	Tiempo total de la orden	Guarda el tiempo acumulado desde que se inició la orden hasta que se termina de trabajar en la misma, incluyendo los paros.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

5.3.3 Nueva aplicación implementada para la integración del área de empaque de moldeo

Esta nueva aplicación viene a integrar todas las mesas de trabajo dentro del área de empaque de moldeo, y para su correcto funcionamiento es parcialmente independiente a las dos aplicaciones anteriores, porque para obtener los datos que son necesarios para realizar los cálculos y visualizarlos en pantalla depende de los datos que monitorean las dos aplicaciones modificadas anteriormente en la sección 5.3.1 y 5.3.2.

Como se observa en la figura 19, la base de datos filtrada se localiza en la tabla 8 y posee la información de 3 bases de datos diferente y solamente con los datos necesarios para realizar los cálculos y los que se desean visualizar en pantalla. En la figura 19 se tiene la base de datos KIT 1 que nos indica que posee toda la información de la mesa 1 de confección de kits, también posee la base de datos KIT 2 la cual posee la información de los trabajos realizados en la mesa 2 de confección de kits y por ultimo posee la base de datos general, esta base de datos posee toda la información de las 8 mesas destinadas para el empaque de partes moldeadas por inyección.

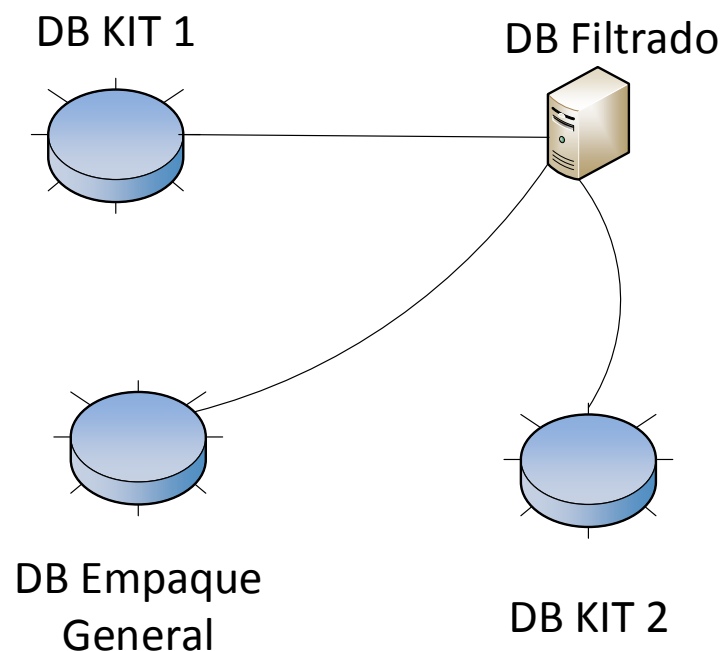


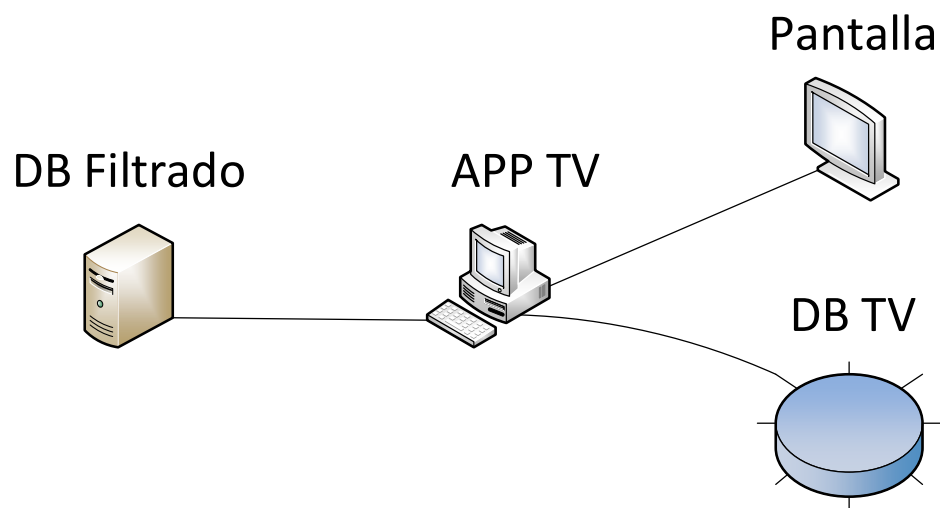
Figura 19 Información de los datos filtrados.

Microsoft Visio 2013

Fuente: (Ramírez, 2016)

Cuando se tiene la información necesaria en la base de datos filtrados, la nueva aplicación nombrada en la figura 20 como: APP TV, utiliza la base de datos para realizar los cálculos de los indicadores para las mesas que van de la 1 hasta la mesa 8, debido que la aplicación que están instaladas para ayudar al operario a registrar el proceso de empaque con auto baggers, no realiza el proceso de cálculos debido a que este programa es muy denso en cuanto a código y no se pretendía crear más ruido al programa pudiendo ocasionarse conflictos al depurarlo o lentitud en el mismo, por lo que la nueva APP TV se encarga de tomar los datos necesario de las bases de datos y realizar los cálculos de los indicadores; para los indicadores de las mesas de kits 1 y kits 2 no son necesarios realizar los cálculos debido a que la aplicación de kits 1 y 2 realiza los cálculos previamente.

Cuando se posee los indicadores para todas las mesas esta se envía en una pantalla como se ve en la sección 5.3.3.2 y los guarda en una nueva base de datos llamada: Datos TV.



Microsoft Visio 2013

Figura 20 Estructura de las bases de datos que manipula la aplicación integradora

Fuente: (Ramírez, 2016)

Tabla 8 Tablas que componen la base de datos de datos filtrados.

Sección	Descripción
Tipos de paros	En esta tabla, posee la información de todas las 8 mesas de empaque con auto bagger, y posee los mismos datos que se guarda en la tabla número 7.
Kits1	En esta tabla, posee la información que posee la tabla Otros_Datos de Kits1, la información respectiva de Otros_Datos se localiza en la Tabla 5.
Kits2	En esta tabla, posee la información que posee la tabla Otros_Datos de Kits2, la información respectiva de Otros_Datos se localiza en la Tabla 5

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Todos los datos procesados por parte de la aplicación se guarda en una base de datos diferente llamada Datos_TV la cual integra todos los indicadores de productividad de las mesas monitoreadas, en la siguiente tabla se observa la información almacenada.

Tabla 9 Descripción de la nueva tabla para la base de datos de Datos_TV.

Variable	Nombre	Descripción
QC	Número de orden	Es la identificación de la orden de un cliente.
Num_Parte	Número de parte	Es la identificación del número de parte que se necesita en la orden.

Disponibilidad	Disponibilidad	Nos indica la disponibilidad del proceso asociado a la orden.
Calidad	Calidad	Nos indica la calidad del proceso asociado a la orden.
Eficiencia	Eficiencia	Nos indica la eficiencia del proceso asociado a la orden.
OEE	OEE	Nos indica el OEE del proceso asociado a la orden.
Mesa	Número de mesa	Indica el número de mesa en donde se está trabajando en la orden.
Estado_Orden	Estado de la orden	Indica el estado de la orden, ya sea, finalizada, pausada o trabajando.
Hora_Inicio	Hora de inicio	Indica el instante que se empezó a trabajar la orden por primera vez.
Hora_Cierre	Hora de cierre	Indica la última vez que la orden se puso en “Finalizada”.
P_PRODUCIDAS	Partes producidas	Indica la cantidad de partes producidas sin ningún desperfecto.
P_DEFECTUOSAS	Partes defectuosas	Indica la cantidad de partes producidas pero que están defectuosas.
T_Muerto	Tiempo muerto	Guarda el tiempo acumulado de todos los tipos de paros que se presenta en la mesa.
T_Total	Tiempo Total	Guarda el tiempo acumulado desde que se inició la orden hasta que se termina de trabajar en la misma, incluyendo los paros.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

5.3.3.1 Menú principal

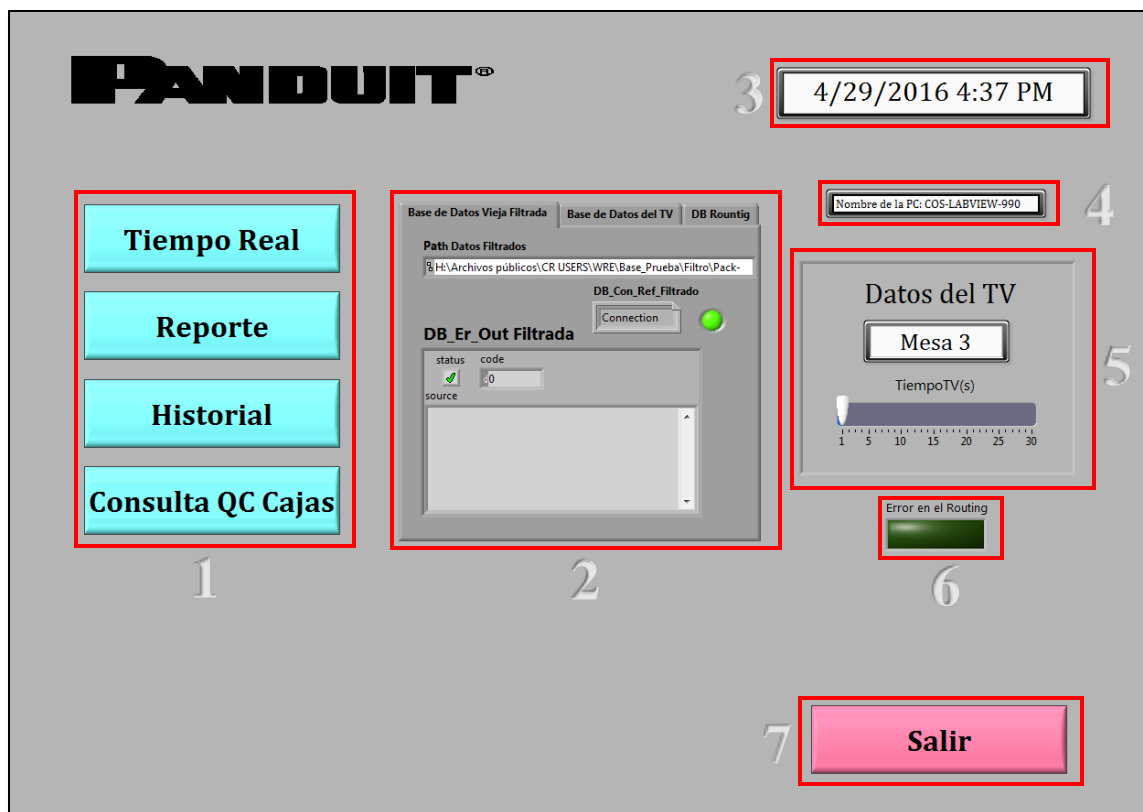
Esta sección posee los botones que ayudan al usuario dirigirse a otras secciones como se verán más adelante. Entre las secciones que encontramos están las siguientes.

Tabla 10 Diferentes secciones que posee la interfaz principal de la aplicación integradora

Sección	Descripción
Herramientas	Esta sección posee los botones que dirigen al usuario a diferentes pantallas que facilitan el trabajo de monitorización y creación de reportes. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 1.
Estatus de conexiones	En esta sección ayuda al usuario si la conexión con las diferentes bases de datos está establecida, si surge algún problema es notificado en esta sección. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 2.
Fecha y hora	En esta sección brinda una ayuda visual al usuario sobre la fecha y hora actuales. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 3.
Nombre de la PC	En esta sección brinda al usuario información del nombre del PC donde se está ejecutando la aplicación. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 4.
Datos TV	En esta sección ayuda al usuario a controlar y visualizar el estado de la pantalla que estará colocado en planta. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 5.

Error routing	En esta sección ayuda al usuario conocer si no se encuentra un valor de routing para realizar los cálculos de eficiencia, para ello se toma por defecto un valor promedio de todos los routing existentes. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 6.
Salir	En esta sección permite al usuario finalizar con la ejecución de la aplicación. En la figura 21 esta sección se puede localizar con el número 7.

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)



LabView 2015

Figura 21 Secciones del menú principal para la aplicación que monitorea los índices de productividad
Fuente: (Ramírez, 2016)

5.3.3.2 Pantalla en planta

Al ejecutar la inicialización del programa, este abre dos ventanas la primera es la del menú principal y la segunda es la pantalla que visualiza todos los indicadores que se desean. Esta pantalla se visualizara como se ve en la figura 22.



LabView 2015

Figura 22 Interfaz de la pantalla que se instaló en la un TV en Planta

Fuente: (Ramírez, 2016)

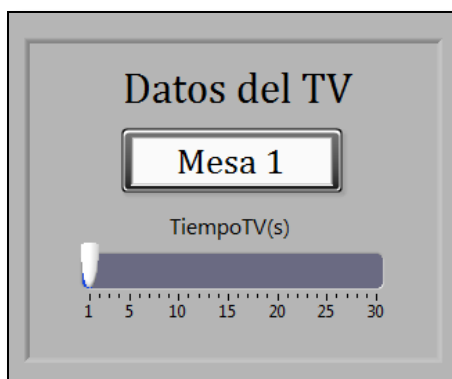
Como se observa en la figura 22 se visualizara los siguientes datos que fueron definidos por parte de los encargados de producción:

- Mesa de los datos a visualizar.
- Fecha y hora
- Estado de la Orden.
- Productividad.
- Disponibilidad.
- Eficiencia.

- g. Calidad.
- h. Producción actual.
- i. Estado de la línea de producción.
- j. Número de QC.
- k. Número de parte.
- l. Tiempo disponible.
- m. Tiempo operativo.
- n. Tiempo muerto.

Los valores que se visualizan en esta interfaz la realiza totalmente el programa, el usuario solamente debe de controlar el tiempo de transición de una pantalla a otra con la ayuda de un “slider bar” que posee un rango de 1 segundo hasta 30 segundos, lo que quiere decir es: si el operario fija el tiempo en 10 segundos la actualización de los datos de la mesa “n” hacia la “n+1” tarda 10 segundos y así sucede con las demás mesas, esta barra se observa en la figura 23.

Esta interfaz posee una ayuda visual para detectar facialmente los estados de los índices de productividad, como es un código de colores, en donde las barras de: calidad, eficiencia, disponibilidad y OEE posee colores que cambian de acuerdo al valor que posee en ese instante, cuando es de color verde indica que el valor es mayor o igual al 85%, si es amarillo es mayor o igual al 65% pero menor al 85% y si es rojo indica que el valor que posee es menor al 65%.



LabView 2015

Figura 23 Control del tiempo de transición de los datos de las diferentes mesas

Fuente: (Ramírez, 2016)

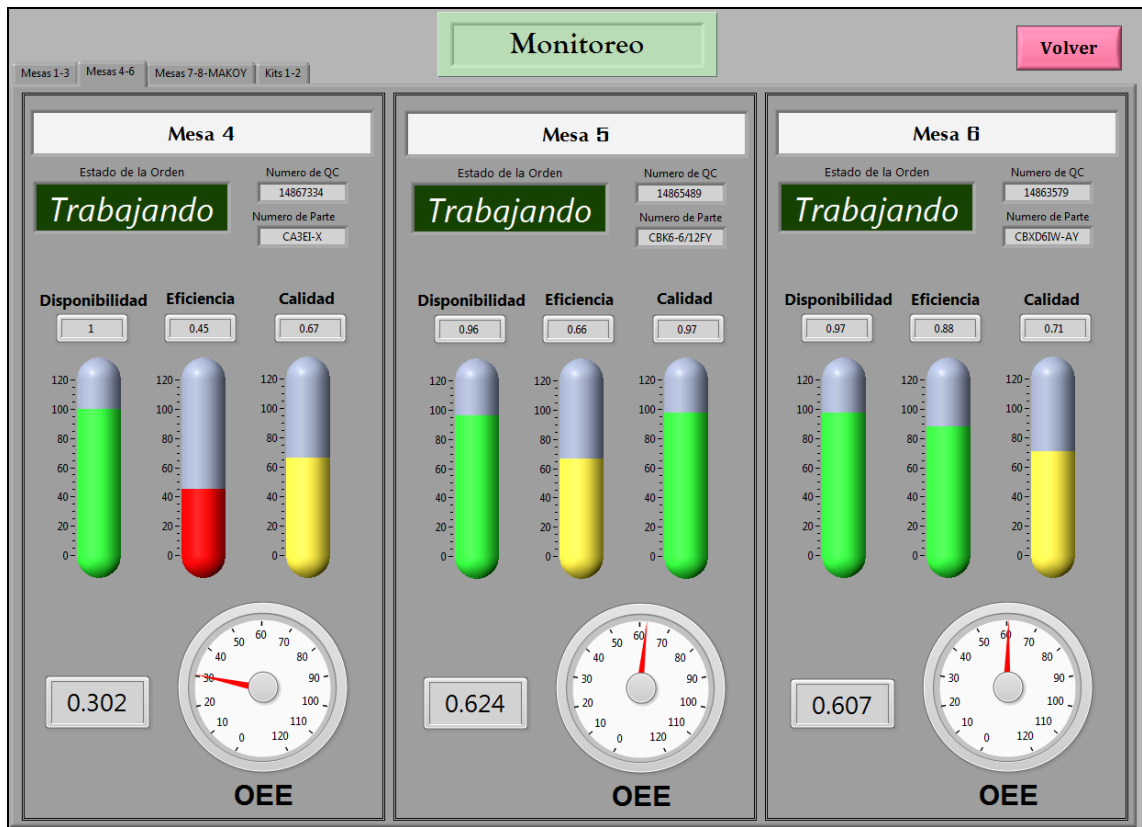
5.3.3.3 Tiempo Real

En esta sección es de gran provecho para el usuario, ya que permiten visualizar de una forma más atractiva al ser de manera gráfica los datos que poseen las tablas de las bases de datos con la facilidad de que se puede observar todas las mesas de trabajo con solamente seleccionar alguna de las siguiente 4 pestaña:

- a. Mesa 1-3: esta posee información importante de la mesa 1, mesa 2 y mesa 3 en tiempo real.
- b. Mesa 4-6: esta posee información importante de la mesa 4, mesa 5 y mesa 6 en tiempo real.
- c. Mesa 7-8: esta posee información importante de la mesa 7 y mesa 8 en tiempo real, adicionalmente posee una sección de información llamada “MAKOY”, esta se encuentra vacía ya que se piensa monitorear a futuro y la MAKOY es una máquina que se encarga de armar otros tipos de kits para empaque.
- d. Kits 1-2: esta posee información importante de la mesa kits 1 y mesa kits 2 en tiempo real.

El la figura 24 se puede observar la interfaz del monitoreo en tiempo real y para regresar a la interfaz del menú principal hay que presionar el botón “volver”.

Los datos que se visualizan no son valores reales de la producción en Panduit.



LabView 2015

Figura 24 Interfaz del monitoreo en tiempo real del área de empaque de moldeo

Fuente: (Ramírez, 2016)

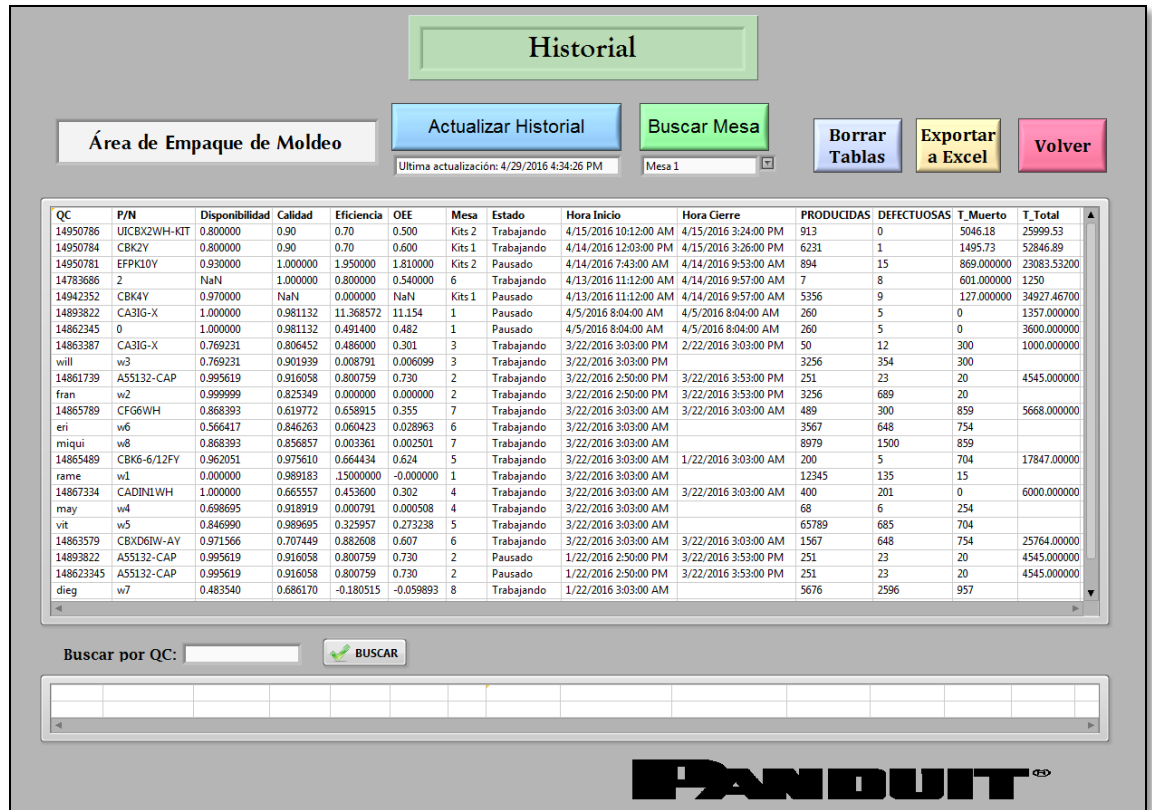
5.3.3.4 Historial

En esta sección es de gran importancia para el usuario, ya que permite obtener la información de las bases de datos sin la necesidad de se tenga que abrir la base de datos directamente por parte del usuario, con la ventaja de que se puede evitar errores de comunicación con las otras aplicaciones, también evita las pérdidas de información o que se pueda cambiar y sesgar la información almacenada en la base de datos.

Esta sección posee varias opciones que se detallarán a continuación:

- Actualizar Historial:** esta opción permite visualizar en formar tabular toda la información que se almacena en la base de datos, y se observa parámetros asociados a las ordenes trabajadas previamente como los indicadores de productividad, también se observa variables como el número de mesa, el estado de la orden, la hora de inicio y la

hora de cierre, las partes producidas y las defectuosas, el tiempo muerto y el tiempo total. En la figura 25 se puede visualizar la interfaz de búsqueda con los datos, y hay que recalcar que la información que contiene la figura 25, no son valores reales de la producción de Panduit.

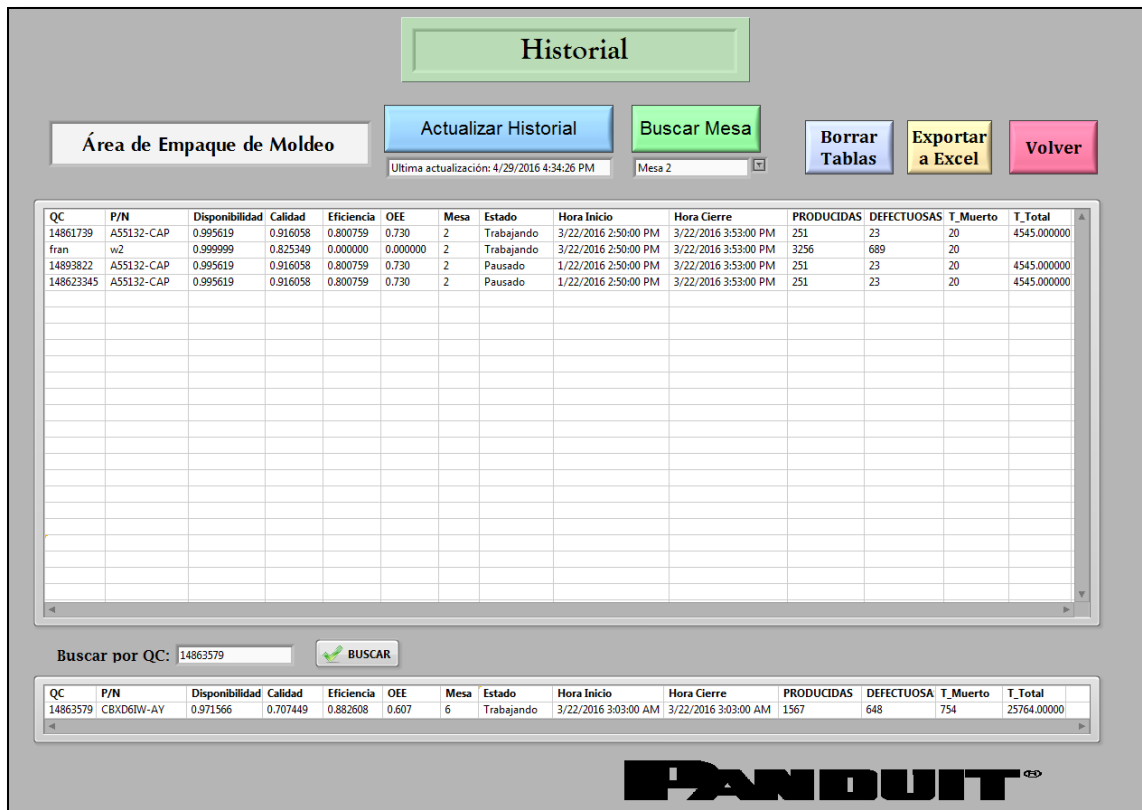


LabView 2015

Figura 25 Interfaz que contiene la información tabular de la base de datos

Fuente: (Ramírez, 2016)

- b. **Buscar mesa:** esta opción es bastante útil ya que facilita al usuario la búsqueda de información en las bases de datos que pertenece a una mesa determinada, ya que realiza un filtro por números mesas y la información obtenida se muestra en forma tabular con los parámetros asociados a las ordenes trabajadas previamente como los indicadores de productividad, número de mesa, el estado de la orden, la hora de inicio y la hora de cierre, las partes producidas y las defectuosas, el tiempo muerto y el tiempo total. En la figura 26 se observa la información filtrada para la mesa 2 y dicha información mostrada no son valores reales de la producción de Panduit.

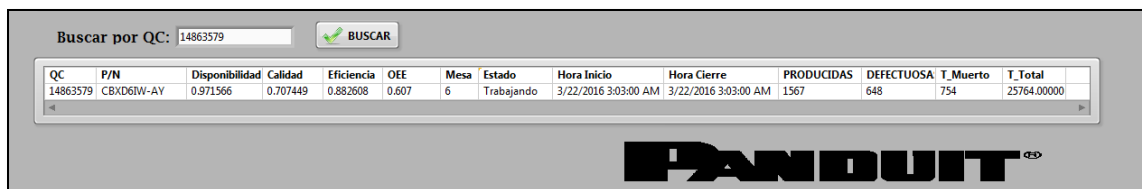


LabView 2015

Figura 26 Información filtrada para la mesa 2

Fuente: (Ramírez, 2016)

- c. **Buscar por QC:** Esta opción está pensada para visualizar la información asociada a una orden que pueda estar procesándose en planta o pueda que ya se haya finalizado, el usuario solamente debe de digitar el número de orden y presionar el botón buscar, la información se tabulara como se observa en la figura 27; esta información no corresponde a valores reales en la producción de Panduit.

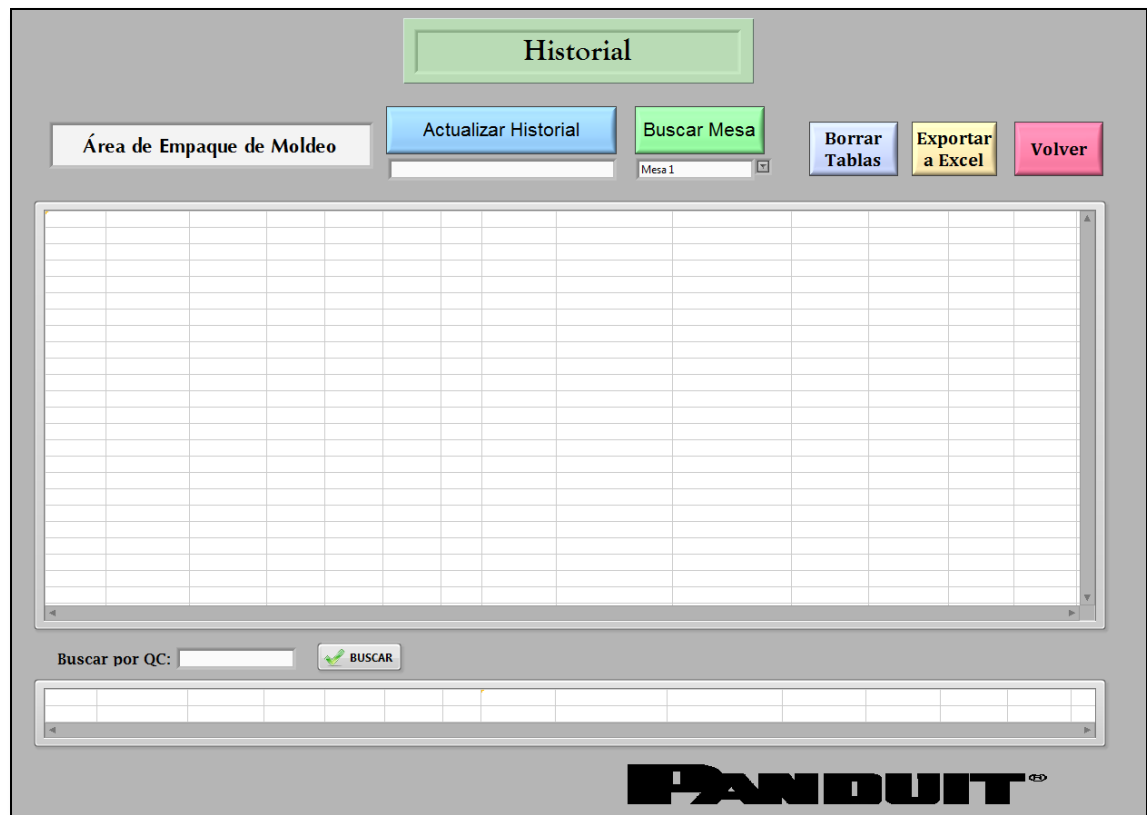


LabView 2015

Figura 27 Información tabulada al buscar un número de QC

Fuente: (Ramírez, 2016)

- d. **Borrar tablas:** esta opción permite al usuario limpiar toda la información que posee las tablas de la interfaz para visualizarse como se ve en la figura 28.



LabView 2015

Figura 28 Tablas limpias de información

Fuente: (Ramírez, 2016)

- e. **Exportar a Excel:** esta opción es de gran utilidad ya que permite al usuario exportar la información que se encuentre en la base de datos, esta información puede ser toda la que contiene la base de datos o la que este filtrada anteriormente por mesas, para realizar esta tarea, hay que tener información en la tabla y presionar el botón “Exportar a Excel”; si la tabla no posee información se active un mensaje indicando que no se puede exportar debido a que la tabla está vacía. En la figura 29 se visualiza la información exportada de la tabla a Excel.

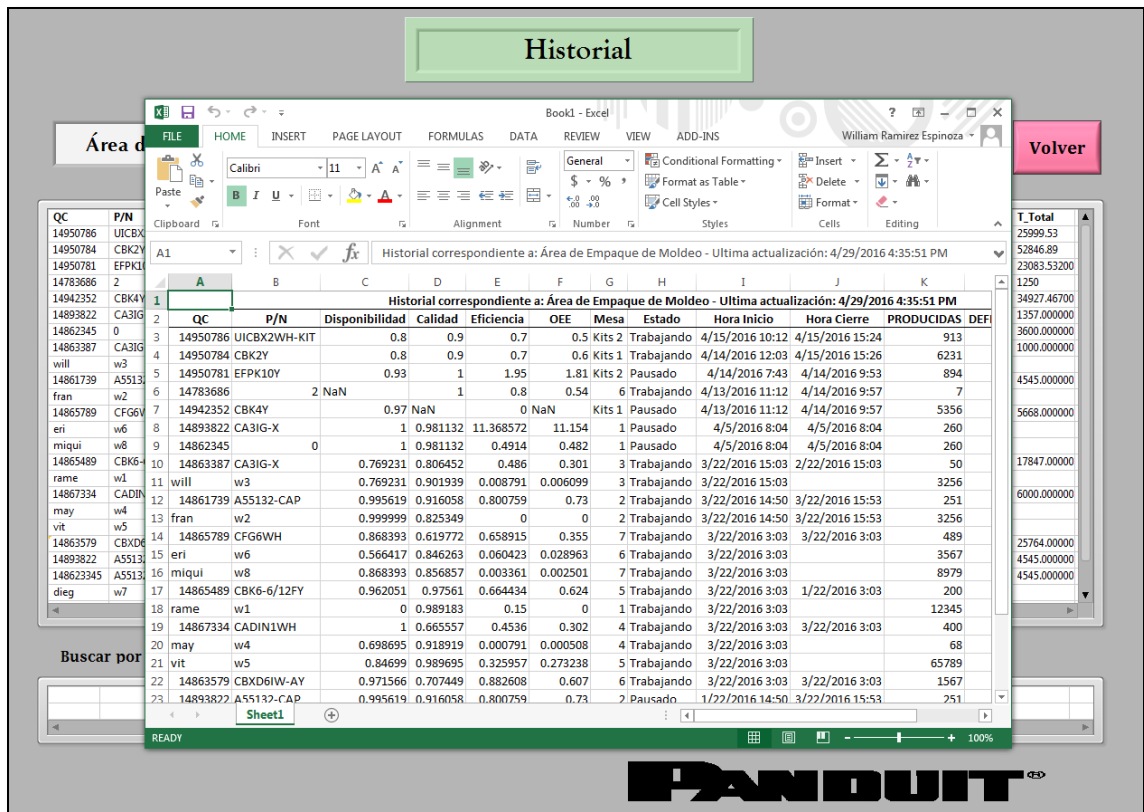


Figura 29 Información exportada a Excel de la tabla
Fuente: (Ramírez, 2016)

LabView 2015

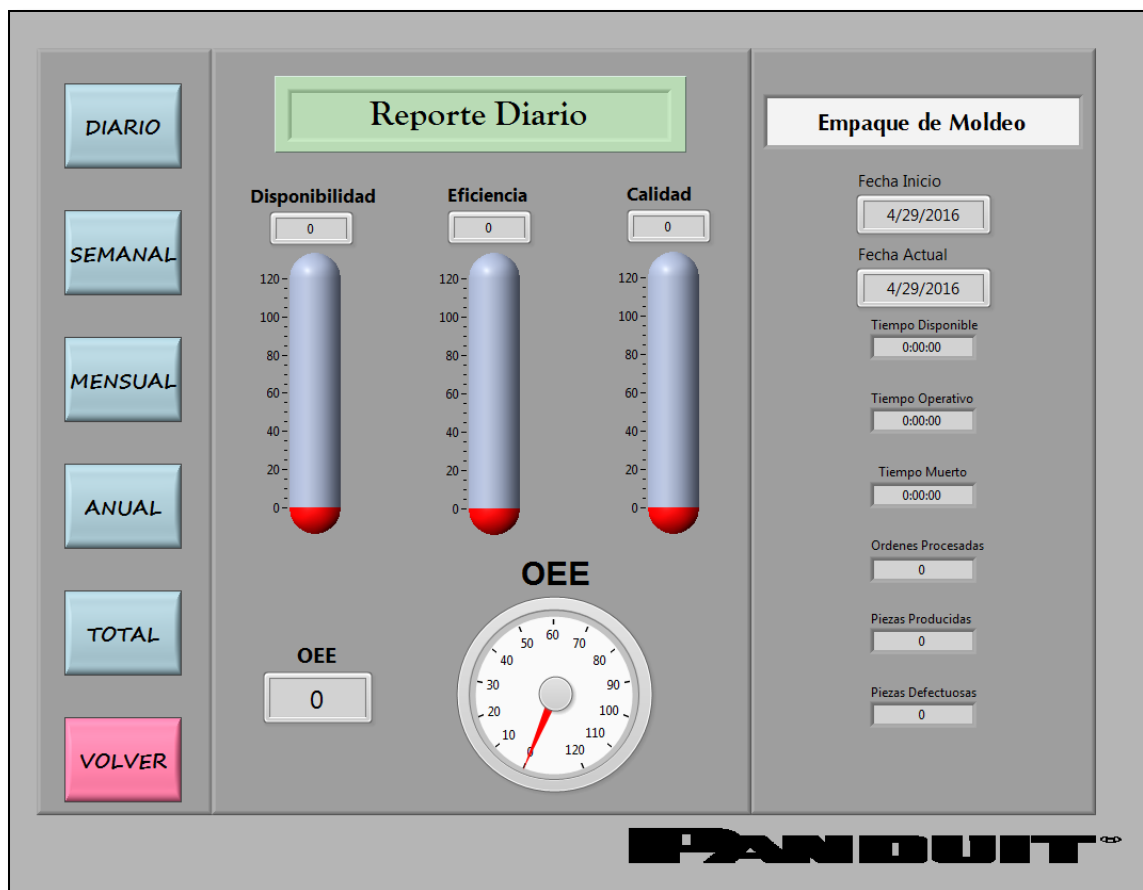
5.3.3.5 Reporte

Esta sección de reporte es de gran importancia para los encargados de producción porque facilita el trabajo por parte de los encargados de producción, ya que el objetivo de esta sección es brindar un resumen de la producción durante diferentes periodos de tiempos, ya sea, diarios, semanales, mensuales, anuales o totales.

Esta herramienta realiza los cálculos leyendo las bases de datos en donde es guardada la información que procesa la app TV. Inicialmente el usuario tiene que seleccionar un periodo de tiempo para que el programa pueda filtrar la información por fechas, cuando se tiene la información filtrada, se realiza los promedios de los indicadores de productividad de todas las ordenes que se encuentran dentro de la información filtrada previamente, a su vez realiza la

sumatoria de todos los tiempos, de todas las partes producidas correctas o defectuosas y de la cantidad de ordenes procesadas que se encuentren registradas en la información filtrada, para así, visualizar los resultados de los cálculos en la interfaz del usuario.

En la figura 30 se muestra la interfaz que interactuara el usuario para así generar los reportes que sean necesario, igualmente este las barras de los indicadores tiene una representación por colores en donde verde es mayor o igual al 85%, amarillo es mayor o igual al 65% pero menor al 85% y es rojo si es menor al 65%.



LabView 2015

Figura 30 Interfaz para generar reportes del área empacado
Fuente: (Ramírez, 2016)

CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizará los resultados finales obtenidos al implementar el sistema de monitorización de productividad en el área de empaqueo de moldeo comparando el antes y el ahora de las diversas modificaciones y si el nuevo sistema desarrollado cumple con los objetivos del proyecto.

A su vez se analizará la propuesta para implementar un robot para automatizar una línea de empaqueo con todas sus ventajas, desventajas. Tanto para el sistema de monitorización como para el análisis de la propuesta del robot posee un análisis financiero.

6.1 Implementación del sistema de monitorización de productividad

En esta sección se observaran los resultados y análisis de los mismos para evaluar futuras recomendaciones o cambios que se pueden aplicar para mejorar el sistema, también se hizo un análisis financiero para ver la factibilidad del proyecto que se implementó.

6.1.1 Resultados de la aplicación de empaque de kits

El sistema se implementó el 13 de abril del 2016 con todas las debidas modificaciones, para iniciar la búsqueda de errores o mejoras y las debidas correcciones, durante este periodo el programa presento únicamente el problema con la suma de los tiempos muertos del proceso, en donde el programa no realiza la suma correcta y posteriormente surgía un problema en el mismo y se cerraba, este problema se presentó debido a que no se seleccionó correctamente el índice de la tabla respectiva y no se realizaba correctamente el cierre de la base de datos.

A continuación se presenta figura con la tabla de “Otros_Datos” con información recopilada durante el proceso de validación del programa y es importante aclarar que estos datos se encuentran modificados y no presenta la realizada de la producción de Panduit de Costa Rica por asuntos de confidencialidad.

ID	QC	um	Partido	Procd	Fecha Inicio	Fecha Cierre	Mesa	Prod	Defec	P. Baño	P. Defab	S	U.S.	C	S. C	Sellador	jetu	MT	IN	M/D	C	M	lect	P. FP	lenaf	T. Muerto	T. Total	Orden	Yield	avaliabi	eficiencia	OEE
3	12345671	ABCD1	Finalizado		4/13/2016 11:12 AM	4/14/2016 12:01 PM	Kits 1	1000	10	1272,93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127,00	36366,61	99,01	99,65	88,25	0,87	
4	12345672	ABCD2	Finalizado		4/14/2016 12:03 PM	4/18/2016 9:38 AM	Kits 1	1000	11	1495,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57,24	1552,97	58727,51	98,91	97,36	88,26	0,85		
5	12345673	ABCD3	Finalizado		4/18/2016 9:51 AM	4/20/2016 5:37 PM	Kits 1	1000	12	1298,47	0	0	0	0	0	0	0	###	###	0	0	0	###	0	67,72	56701,93	104116,64	98,81	45,54	88,26	0,40	
6	12345674	ABCD4	Finalizado		4/20/2016 5:41 PM	4/22/2016 1:18 PM	Kits 1	1000	13	800,77	0	0	0	0	0	2079,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2880,33	67835,52	98,72	95,75	88,26	0,83	
7	12345675	ABCD5	Finalizado		4/22/2016 1:21 PM	4/25/2016 1:02 PM	Kits 1	1000	14	1561,48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180,14	1741,62	67920,34	98,62	97,44	88,26	0,85		
8	12345676	ABCD6	Finalizado		4/25/2016 1:04 PM	4/26/2016 12:26 PM	Kits 1	1000	15	839,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	839,08	37447,91	98,52	97,76	88,26	0,85		
9	12345677	ABCD7	Finalizado		4/26/2016 12:41 PM	4/26/2016 5:51 PM	Kits 1	1000	16	0	0	0	0	0	0	10334	0	0	0	0	0	0	0	0	10333,97	19110,54	98,43	45,93	88,26	0,40		
10	12345678	ABCD8	Finalizado		4/27/2016 6:05 AM	4/27/2016 3:30 PM	Kits 1	1000	17	488,62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	488,62	34123,29	98,33	98,57	88,26	0,86		
11	12345679	ABCD9	Finalizado		4/27/2016 3:33 PM	5/4/2016 11:17 AM	Kits 1	1000	18	2329,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2329,43	140258,94	98,23	98,34	88,26	0,85		
12	12345680	ABCD1	Finalizado		5/4/2016 11:26 AM	5/4/2016 3:22 PM	Kits 1	1000	19	341,67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2400,5	2742,17	14546,96	98,14	81,15	88,26	0,70		
13	12345681	ABCD2	Finalizado		5/4/2016 3:32 PM	5/6/2016 5:56 PM	Kits 1	1000	20	1570,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5454,17	7024,49	93250,69	98,04	92,47	88,26	0,80		
14	12345682	ABCD3	Finalizado		5/7/2016 6:18 AM	5/10/2016 1:08 PM	Kits 1	1000	21	2304,86	0	0	0	0	0	513,86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2818,72	95238,02	97,94	97,04	88,26	0,84	

Microsoft Excel 2013

Figura 32 Datos monitoreados con la nueva APP de kits en la estación de kits 1
Fuente: (Ramírez, 2016)

Como se sabe, el programa tenía el problema de paro siempre activado, excepto en el instante que se escaneaba un código, al presentarse esto ocasionaba valores erróneos de disponibilidad, eficiencia y por ende un OEE sesgado. Al analizar la ecuación 3.2 de disponibilidad se puede observar que al ingresarle un tiempo muerto mayor al tiempo disponible el resultado tiende a cero, por lo que la disponibilidad del operador estaría dando valores muy bajos, cercanos a ceros. La ecuación 3.3 de eficiencia se ve afectada con del botón de paro para el operador 1, al poseer un tiempo disponible muy bajo por lo que estaría dando valores altos; en la figura 8 se observa valores sesgado para el operador 1. Al corregir este problema, se empezó a registrar valores más reales de OEE para tener un mayor control en el proceso por parte de los encargados de producción.

Al corregir el problema de dónde guardaba información el programa en las bases de datos, se pudo reactivar el monitorero para la estación de Kits2, ya que se encontraba sin monitorearse por parte de la aplicación ya que si se ejecutaba, causaba conflictos de comunicación con la base de datos tanto para la estación Kits1 como con la Kits2. Actualmente las dos estaciones están monitoreando y guardando información respectiva a la productividad del proceso de realización de kits, en la base de datos correspondiente a cada mesa.

Esta información almacenada es de suma importancia para realizar los cálculos del índice de productividad (OEE), entre las variables necesarias para el correcto cálculo está el tiempo muerto, el tiempo disponible, las partes malas o defectuosas.

Al incluirle la opción de paro, se logró obtener el tiempo muerto del proceso, pero igualmente que en la aplicación de empaque de kits se realizó la categorización para tener más control sobre los tiempos de cada paro, y así realizar análisis para encontrar las diferentes causas que afectan la disponibilidad de la mesa, siendo la categorización de los paros una herramienta que facilita la mejora del proceso productivo al conocer que está afectando el mismo y encontrar una solución que minimice el impacto o eliminarlo por completo.

Esta aplicación se implementó en las 7 mesas restantes de empaque con auto bagger el día 6 de mayo del 2016.

6.1.3 Resultados de la aplicación para la integración del área de empaque de moldeo.

Esta nueva aplicación inicio con la recolección de datos el día 26 de abril para las estaciones de kits y el 5 de mayo con las mesas de empaque con auto bagger, al iniciar con las pruebas y validación del sistema, no se encontraron problemas con el funcionamiento del programa sino con la forma de visualizar la información, en donde se presentaban valores con más de 3 cifras significativas, también con indicadores gráficos que no podía desplegar todo el texto con la información de QC o número de parte.

En la figura 34 posee información procesada por la aplicación y almacenada en la base de datos "Dato TV", y hay que recalcar que esta información esta alterada y no representa la realidad de la producción en Panduit de Costa Rica por asunto de confidencialidad.

ID	QC	Num_Parte	Disponibilidad	Calidad	Eficiencia	OEE	Mesa	Estado Orden	Hora Inicio	Hora Cierre	P. PRODUCIDAS	P. DEFECTUOSAS	T Muerto	T Total
5	12345678	ABCD1	0,77	1,00	0,54	0,41	Kits 2	Finalizado	6/5/2016 3:11:00 p.m	13/5/2016 3:23:00 p.m	5020	0	36017	153474
6	12345679	ABCD2	0,30	1,00	-4,96	-1,46	Kits 2	Finalizado	5/5/2016 6:18:00 a.m	6/5/2016 3:05:00 p.m	1665	5	42919,1	60912,77
7	12345680	ABCD3	1,00	1,00	-0,33	-0,33	Kits 2	Finalizado	4/5/2016 8:22:00 a.m	4/5/2016 9:39:00 a.m	88	0	0	4700,88
9	12345681	ABCD4	0,44	1,00	0,26	0,11	Kits 2	Finalizado	3/5/2016 6:26:00 a.m	3/5/2016 5:15:00 p.m	981	3	21741,4	38629,15
10	12345682	ABCD5	0,33	1,00	0,36	0,12	Kits 2	Finalizado	3/5/2016 5:20:00 p.m	4/5/2016 8:11:00 a.m	380	0	6440,59	9571
11	12345683	ABCD6	0,68	1,00	0,17	0,12	Kits 2	Finalizado	27/4/2016 12:15:00 p.m	2/5/2016 1:03:00 p.m	804	0	8398,79	26325,11
48	12345695	ABCD9	0,46	1,00	1,18	0,54	Kits 1	Finalizado	26/4/2016 12:41:00 p.m	26/4/2016 5:51:00 p.m	1234	6	10334	19110,54
49	12345696	ABCD1	0,98	0,99	0,76	0,73	Kits 1	Finalizado	25/4/2016 1:04:00 p.m	26/4/2016 12:26:00 p.m	2600	30	839,08	37447,91
50	12345697	ABCD2	0,97	1,00	1,00	0,97	Kits 1	Finalizado	22/4/2016 1:21:00 p.m	25/4/2016 1:02:00 p.m	3900	5	1741,62	67920,34
51	12345698	ABCD3	0,96	1,00	0,87	0,83	Kits 1	Finalizado	20/4/2016 5:41:00 p.m	22/4/2016 1:18:00 p.m	6734	2	2880,33	67835,52
52	12345699	ABCD4	0,46	1,00	1,92	0,87	Kits 1	Finalizado	18/4/2016 9:51:00 a.m	20/4/2016 5:37:00 p.m	9275	7	56701,9	104116,6
53	12345700	ABCD5	1,00	1,00	0,54	0,54	Kits 1	Finalizado	12/5/2016 1:38:00 p.m	13/5/2016 10:32:00 a.m	2028	7	0	41739,87
54	12345701	ABCD6	1,00	1,00	0,72	0,72	Kits 1	Finalizado	13/5/2016 1:27:00 p.m	16/5/2016 9:01:00 a.m	665	0	0	20888,61
55	12345702	ABCD7	1,00	1,00	-3,01	-3,01	Kits 1	Trabajando	16/5/2016 9:58:00 a.m	16/5/2016 10:41:00 a.m	132	0	0	2861,98
671	12345703	ABCD8	0,98	1,00	13,59	13,32	4	Finalizado	16/5/2016 12:06:00 p.m	16/5/2016 5:05:00 p.m	33475	2	357,13	18004,41
672	12345704	ABCD9	1,00	1,00	0,00	0,00	4	Trabajando	18/5/2016 9:22:00 a.m	18/5/2016 11:08:00 a.m	100	0	134,03	27627,17
672	12345705	ABCD1	0,86	1,00	17,93	15,48	3	Finalizado	16/5/2016 12:19:00 p.m	16/5/2016 5:16:00 p.m	33675	0	2635,21	19261,71
673	12345706	ABCD2	0,95	1,00	4,03	3,85	3	Trabajando	18/5/2016 11:07:00 a.m	18/5/2016 5:51:00 p.m	9196	0	1476,12	32695,34
673	12345707	ABCD3	0,92	1,00	1,06	0,97	4	Trabajando	19/5/2016 6:38:00 a.m	19/5/2016 6:38:00 a.m	4150	0	568,29	6889,02
707	12345708	ABCD4	-0,74	1,00	-93,04	68,91	2	Finalizado	10/5/2016 1:16:00 p.m	16/5/2016 2:41:00 p.m	32000	0	5804,39	3334,71
708	12345709	ABCD5	0,90	1,00	1,22	1,10	2	Finalizado	16/5/2016 3:44:00 p.m	16/5/2016 5:03:00 p.m	886	0	607,02	6288,36
709	12345710	ABCD6	1,00	1,00	0,20	0,20	2	Trabajando	17/5/2016 3:52:00 p.m	18/5/2016 11:08:00 a.m	1540	0	444,74	100222,1

Microsoft Excel 2013

Figura 34 Datos almacenados con la aplicación de monitoreo de la productividad

Fuente: (Ramírez, 2016)

Esta información es de gran importancia para poder ejecutar las herramientas que poseen la aplicación como la realización de reportes u obtener historial de las órdenes, en la sección de reportes (ver figura 30) muestra información de la productividad de todo el área de empaque para que los supervisores puedan conocer el comportamiento de la producción para los lapsos de tiempos definidos, y esta información es tomada de las bases de datos llamada “Dato TV”.

Esta aplicación posee las siguientes ventajas:

- Permite calcular índices de productividad con solo tener la aplicación abierta.
- Permite ahorrar tiempo de búsqueda de información en las bases de datos.
- Evita la manipulación directa con las bases de datos, asegurando que la información no sea cambiada o eliminada.
- Es amigable con el usuario (no se necesita tener un gran entrenamiento).
- Permite conocer la productividad por mesas mediante una pantalla a todo individuo que se encuentre en el área de empaque.
- Permite exportar información de las bases de datos a Excel.
- Permite filtrar información de las bases de datos por mesas.
- No se necesita muchos recursos computacionales.
- En caso de perdidas con la conexión de las bases de datos, el sistema alerta al usuario.

Al poseer todas estas ventajas, este sistema favorece a mejorar y controlar la productividad debido a que ahora se tiene valores reales de la producción, y se sabrá qué hay que cambiar por parte de los operarios y encargados de planta para que los índices de productividad estén en mejora continua hasta alcanzar valores de clase mundial como los que encontramos en la tabla 2.

6.1.4 Análisis financiero de la implementación del sistema de monitorización de la productividad.

En este apartado se expondrá la factibilidad de la implementación realizada en el área de empaque de moldeo en Panduit de Costa Rica al analizar indicadores como son el Valor Actual Neto (VAN) que nos dirá de una forma actualizada y en el presente el valor de los flujos económicos de la empresa en este proyecto y otro indicador será la Tasa Interna de Retorno (TIR) la cual nos dirá en forma porcentual la rentabilidad del proyecto con una tasa de descuento.

Antes de calcular estos indicadores es necesario proceder a determinar los ingresos y egresos del proyecto, antes durante y después de su ejecución para un correcto análisis en la siguiente tabla se describe la inversión realizada para el mismo.

Tabla 11 Inversión inicial para la ejecución del proyecto.

Equipo o tarea	Descripción	Costo
Practicante	Por un periodo de 4 meses.	\$1600
Compra de pantalla y accesorios	Realizar la visualización de los parámetros que se están midiendo dentro de las líneas de empaque.	\$800
Total		\$2400

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

El financiamiento del proyecto estará cubierto en un 100% por parte de Panduit de Costa Rica, lo que significa que no se necesitaría inversionistas o entes financieros.

Es importante conocer los flujos de caja para el proyecto, que son los ingresos y egresos del mismo. Para los egresos del proyecto se tiene la inversión inicial, los gastos de operación y de mantenimiento para sistema de monitoreo, y para el ingreso del proyecto se tiene que se va ahorrar las horas que requiere un colaborador que ayude a obtener reportes y cálculos aproximados del OEE ya que no cuenta con información real, por lo general para esta labor se realizan horas extras; por lo que sí es un ahorro en los indicadores financieros de Panduit, ya que las horas extras no son gastos fijos.

El pago de horas extras promedio para realizar los reportes es de 40 horas mensuales y anualmente es de 480 y para un trabajador calificado según el Ministerio de Trabajo de Costa Rica es de ₡ 326.148,79 mensual (MTSS, 2016) para el primer semestre del 2016 y con un tipo de cambio del dólar de 543.63 tomado del banco central de Costa Rica el día 20 de mayo (BCCR, 2016) y como se invierten 480 horas al año se tiene que pagar \$1500 por las horas y al ser horas extra se debe de pagar un adicional de \$750, entonces anualmente se tiene un ahorro de \$2250

El salario se tomó del salario mínimo definido por el Ministerio de Trabajo para no brindar información real de la planilla de Panduit por asuntos de confidencialidad.

Para calcular del TIR y VAN se apoyó de una hoja de cálculo en línea que se puede encontrar en las siguientes direcciones:

Calculadora del TIR: <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>

Calculadora del VAN: <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-van/>

En la siguiente tabla se tiene los valores de flujo de caja a cinco años que se utilizaron para realizar el cálculo del TIR; como pagos se tomara un valor de \$200 anuales para realizar mantenimientos en los equipos y en cobros están las ganancias obtenidas al mejorar la productividad con base al salario de un operador

Tabla 12 Tabla con valores para calcular el TIR

Año	Cobro (\$)	Pago (\$)	Flujo de caja (\$)
0			-2400
1	2250	300	1950
2	2250	300	1950
3	2250	300	1950
4	2250	300	1950
5	2250	300	1950

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Al realizar el cálculo se tiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 76.51%, y en Panduit de Costa Rica un proyecto es atractivo si el TIR es mayor al 20% por lo que el proyecto está por encima en 56.51% y por lo cual es un proyecto es rentable a 5 años y se tendrá ganancias.

Para el cálculo del VAN se tiene la siguiente tabla e igualmente a cinco años con una la tasa mínima atractiva del retorno de 20% debido a que Panduit utiliza este valor.

Tabla 13 Tabla con los valores para calcular el VAN

Año	Cobro (\$)	Pago (\$)	Flujo de caja (\$)
0			-2400
1	2250	300	1950
2	2250	300	1950
3	2250	300	1950
4	2250	300	1950
5	2250	300	1950

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Al realizar el cálculo a cinco años se tiene un Valor Actual Neto (VAN) de \$ 3 431.69 este valor es bastante atractivo para Panduit debido a que ellos solicitan que el VAN sea solamente mayor a cero pero utilizando una tasa de mínima de retorno del 20%.

6.2 Análisis de la propuesta para automatizar una de las líneas de empaque con un Robot.

En esta sección se analizará la propuesta para realizar la automatización de una de las líneas de empaque, esta automatización se desea realizar con un robot y a su vez se complementara el proceso de automatización con una armadora de cajas y una selladora de cajas para que el proceso quede al 100% automatizado. Al analizar esta propuesta se tomara en cuenta las razones por las que nace la necesidad de la misma, los requerimientos del sistema por parte de Panduit de Costa Rica, especificaciones de los equipos, análisis de las ventajas y desventajas que posee esta propuesta y un análisis económico para conocer si es rentable su implementación a futuro; y hay que aclarar que los tiempos de producción que se verán en este documento están multiplicados por un factor para no dar a conocer el valor real de la producción en Panduit de Costa Rica.

6.2.1 Descripción del proceso

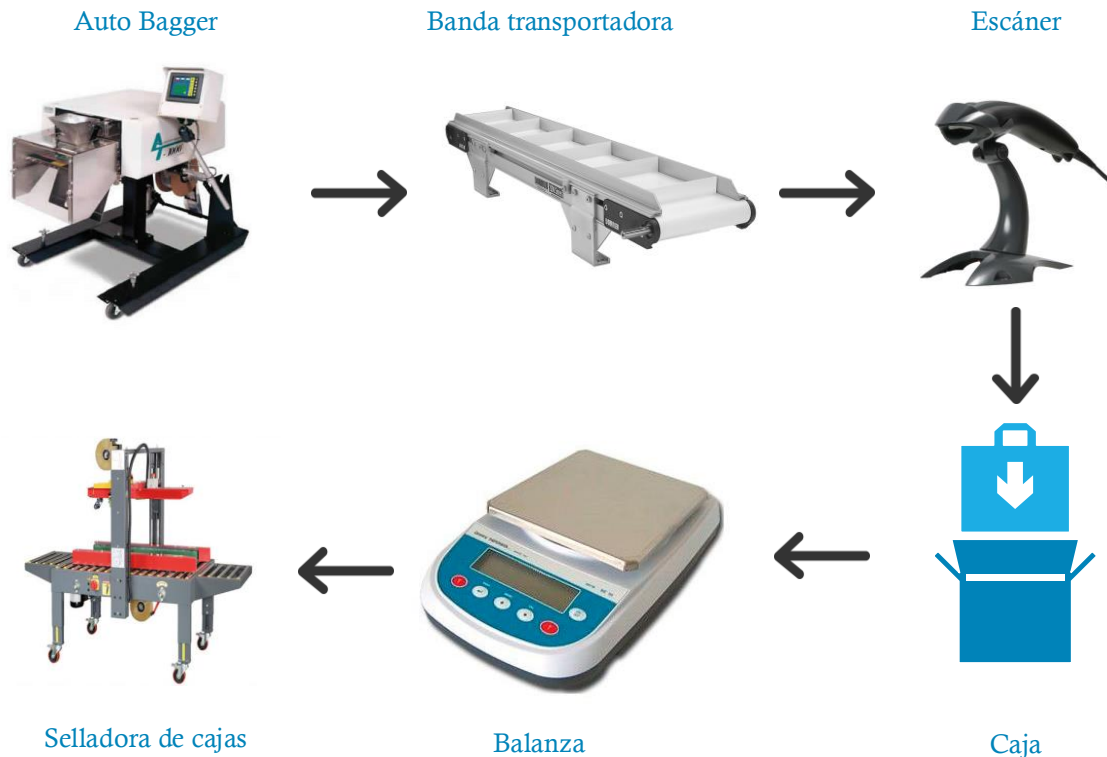
El proceso de empaque es realizado por operarios y para asegurar que el proceso sea más eficiente se utiliza la ayuda de equipos como son la auto bagger, banda transportadora, escáner, balanza y selladora de cajas.

El proceso inicia con el empaque en bolsas de las partes moldeadas, esta tarea se realiza de manera automatizada en esta estación de empaque, ya que esta auto bagger cuenta con un sistema para imprimir el código de barras en la bolsa, para contar las piezas, para depositar en bolsa las partes y sellar la bolsa, al estar sellada la bolsa esta cae en una banda transportadora la cual lleva las bolsas hasta una zona donde se acumula las bolsas para que el operario inicie sus tareas.

La tarea del operario consiste en tomar las bolsas y escanear el código de barra, para que la aplicación instalada en las mesas con auto bagger las registre en las bases de datos; posterior al escaneo, se tiene que introducir en caja las bolsas escaneadas; cuando la caja está completa se debe de verificar el peso en una balanza, cuando el peso es el correcto el programa envía la señal de encendido de la selladora de cajas y para que se pueda sellar la caja. Hay que resaltar que las

cajas en donde se depositan las bolsas selladas se deben de armar por parte del operario antes de iniciar con el escaneo de las bolsas.

En la figura 35 se observa gráficamente con la representación de los equipos que se utiliza en el empaqueo de partes moldeadas.



Microsoft Visio 2013

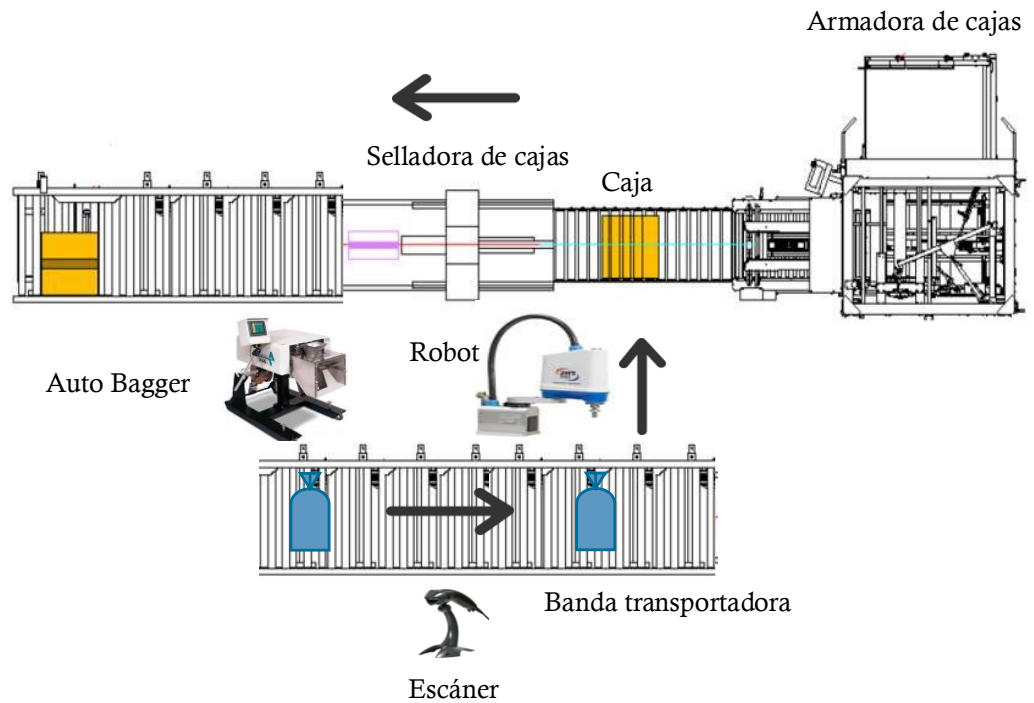
Figura 35 Representación gráfica del proceso de empaqueo

Fuentes de las figuras: (Industry, 2016) (Supplies, 2016) (Berks Plant Design & Maintenance, 2016) (Dynos, 2016) (Globales, 2016)

El tiempo para completar una caja correctamente es aproximadamente 69.4 segundos, en donde se demora 47.9 segundos en realizar 5 bolsas por parte del auto bagger hasta que el operario las tomas y unos 21.5 segundos para el resto del proceso y finalizar con la caja sellada. Hay que aclarar que estos valores se encuentran multiplicados por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica.

Con la propuesta lo que se pretende es reubicar al operario para que ejecute otra labor del proceso productivo dentro del área de empaclado e introducir un robot para que ocupe su lugar en el empaclado de esta estación. Al realizar esta modificación del proceso, ciertas tareas del proceso cambiarían, por lo que a continuación se describe cada parte del nuevo proceso.

- a. Auto Bagger realiza las bolsas con el número de partes correspondientes.
- b. Bolsas caen en la banda transportadora.
- c. Banda transportadora, traslada las bolsas de la bagger hasta una zona donde el robot las puede tomar.
- d. El escaneo se realiza en el trayecto en donde las bolsas están siendo trasladadas por la banda transportadora.
- e. El robot toma la bolsa y la deposita en la caja.
- f. La caja ya ha sido armada por la armadora de caja y se mantiene en espera en una banda transportadora.
- g. Cuando la caja está completa, se introduce en la cerradora y selladora de cajas.
- h. Sale por una banda, esperando a ser tomada para entarimar.



Microsoft Visio 2013

Figura 36 Representación gráfica del proceso de empaquetado para la propuesta de automatización

Fuentes de las figuras: (Toshiba, Toshiba, 2016) (Berks Plant Design & Maintenance, 2016) (Dynos, 2016)

(Obando, 2016)

6.2.2 Requerimientos de la propuesta.

Como todo proyecto, se tiene que tener los requerimientos para poder iniciar con la selección de ideas o elementos para el desarrollo del mismo, entre los requerimientos de Panduit para esta propuesta están los siguientes:

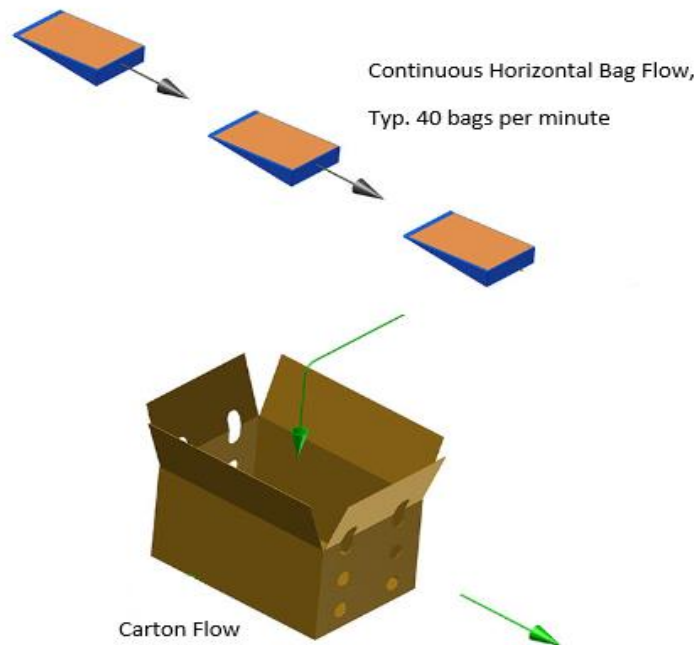
- Se debe de utilizar un robot con una tasa de empaquetado de 30 bolsas por minuto (este valor se encuentra multiplicado por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica).
- Se debe de escanear los códigos de barras.
- Las cajas deben de estar armadas antes de que el robot introduzca las bolsas.
- Se debe de cerrar la caja y sellarla sin ayuda de un operario.
- El sistema debe de permitir utilizar cajas con un tamaño mínimo de 8.5" de largo x 5.5" de alto y 2.5".

6.2.3 Especificaciones de los equipos.

Para poder seleccionar los equipos adecuados se deben de tener en cuenta los requerimientos planteados para conocer si los nuevos equipos a adquirir cumple o no cumple con lo que se desea y si permite acoplarse con los otros equipos con los que van a interactuar.

6.2.3.1 Robot.

Para seleccionar el robot, se hicieron pruebas de cómo funciona el proceso de tomar e introducir en una caja las bolsas, estas pruebas se pudieron hacer gracias a un robot Baxter que se encontraba en préstamo por parte otra planta de Panduit, Ver figura 38. Y la trayectoria que debe de realizar la bolsa se observa en la figura 37.



Microsoft Word 2013

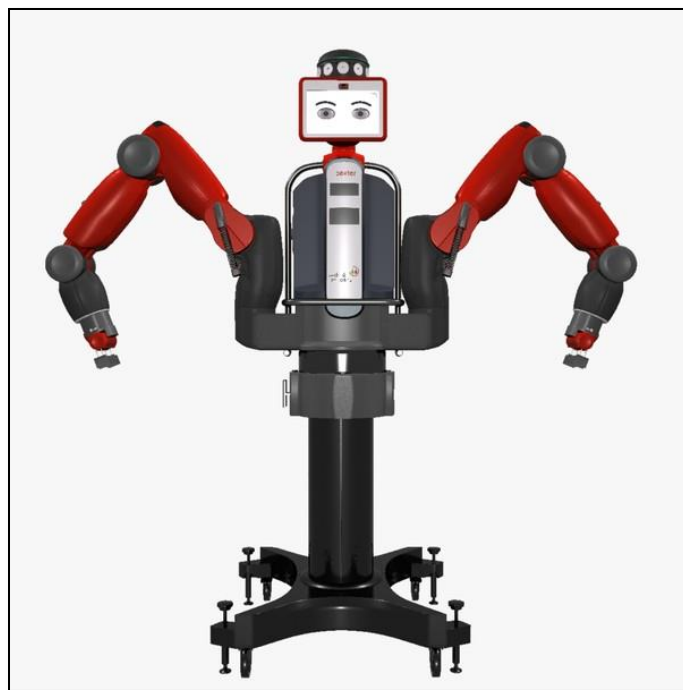
Figura 37 Trayectoria de las bolsas hasta la caja
Fuente: (Obando, 2016)

El Robot Baxter modelo BR-01 posee las siguientes características técnicas:

Tabla 14 Características principales del Baxter

Característica	Valor
Peso	165 lbs
Grado de libertad	7 por brazo
Máximo alcance por brazo	1210mm por brazo
Capacidad de carga	5lb por brazo
Sistema de visión	1 cámara por brazo
Clasificación IP	IP50
Software	Intera 3.3
Requerimiento de energía	120Vac, 6amperios

Microsoft Word 2013 (Robotics, Rethink Robotics, 2016)



Microsoft Word 2013

Figura 38 Robot Baxter
Fuente: (Edinburgh, 2016)

La rutina de prueba consistía en recolectar las bolsas que se deseaban empacar y colocarlas en una caja, además de esta acción el robot realizaba con el otro bazo el movimiento de la caja completa hacia la entrada de una selladora de cajas.

Además se realizó la investigación respectiva para realizar la comunicación de una balanza con el robot; la tarea de la balanza es enviar una señal en donde verifique el peso de la bolsa y que esta esté correcto.

Durante la realización de recepción de señales hacia el robot se encontró que el robot solo presenta una entrada, y una salida por lo que quedaba limitado realizar la integración de más señales al robot por este medio; y si se deseara realizar la conexión con más señales ya sea para recibir o enviar directamente del robot, se necesita configurar un dispositivo adicional que podría ser un PLC con conexión a Ethernet y con sus respectivos módulos de entrada y salida con el protocolo Modbus, el cual el robot sería el Maestro y todos los dispositivos externos serían los esclavos en la comunicación.

Además, durante todas las pruebas realizadas se encontró que el robot Baxter poseía una precisión bastante buena, pero tenía el problema de que si actuaba una fuerza externa que moviera el brazo, este brazo tendría un juego alrededor del punto que se localizó originalmente, perdiendo así la posición y la precisión del mismo.

Otro elemento que cabe destacar es el problema que tiene el robot en una situación de perder la energización en alguno de sus motores, porque al suceder esto, el brazo no mantiene su posición, sino cae a favor de la gravedad, esto pudiera causar la interacción en el proceso que realiza el robot con elementos que no deseara que el brazo interfiriera, causando algún accidente.

Además este robot tiene un sistema de visión incorporado, el cual se sometió a prueba en donde se fijaban varios puntos dentro del área de trabajo y se colocaba un disco de 8cm de diámetro en posiciones aleatorias y definidas anteriormente, los resultados que se tuvieron fue de un 90% de efectividad para encontrar el disco.

Este robot se descartó para su implementación por las siguientes razones:

- a. El Robot se limita a manipular solamente 1 señal de entrada y de salida.
- b. Para manejar más señales en el robot se necesita implementar dispositivos externos.
- c. El robot posee una precisión de $\pm 1\text{mm}$ para localizarse en un punto pero pierde este punto al tener un juego del brazo cuando se somete a una fuerza externa.
- d. Tiene un costo de \$40 000 incluyendo los efectores finales, por lo que es muy caro.
- e. Posee más grados de libertad que los requeridos por el movimiento de las bolsas.

Esta prueba con el Baxter fue para analizar qué tan factible era utilizar este mismo robot y no tener la necesidad de adquirir uno nuevo y diferente como es el que plantea la propuesta.

La propuesta que posee Panduit es utilizar un robot Scara marca Toshiba modelo THL-300 o utilizar uno Toshiba THP-550, en la tabla 13, se observa sus características principales y en la figura 39 se observa ambos modelos.

Tabla 15 Características de los robots de la propuesta

Característica	THL-300	THP-550
Controlador	TSL3000	TS3100E
Seguimiento de objeto en banda transportadora	Si	Si
Cumple con las 30 bolsas por minuto. (este valor se encuentra multiplicado por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica)	No	Si
Máxima carga	5kg	5kg
Compatible con el sistema de visión marca COGNEX	Si	Si
Alimentación eléctrica del controlador	AC200V-240V, 50/60Hz, 4.8kVA	AC200V-240V, 50/60Hz, 3.5-4.8kVA
Velocidad	5.1m/s	6.21m/s
Precio Robot + Controlador	\$ 20,846 USD	\$ 16,000 USD

Microsoft Word 2013 (Toshiba, Robot THP 550, 2016), (Toshiba, THL300 Specification, 2016)



THP -550



THL-300

Microsoft Word 2013

Figura 39 Robot THP 550 y Robot THL 300
Fuente: (Toshiba, Toshiba, 2016)

Al hacer la consulta al encargado de ventas de los robots, se nos dijo que el THL-300 no cumple con la tasa de empacado requerida por asuntos de que el sistema mecánico del robot no tiene la capacidad de soportar esas velocidades y la inercia a la que estaría sometido, por lo que el THP-550 sería el ideal para esta aplicación, pero su precio es mayor, por lo que se dio la opción de comprar dos THL-300, y ambos lograría la meta de empacado de 30 bolsas por minuto (este valor se encuentra multiplicado por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica).

Al comprar dos robots modelo THL 300 la inversión sería de \$32mil, unos \$11 154 más que si se adquiriera solamente el THP-550, por lo que es más favorable adquirir el THP-550 por las siguientes razones:

- a. Se tendría que invertir menos capital.
- b. El espacio de trabajo sería menor que si se colocara dos Robots.
- c. Un controlador ocuparía menor espacio que tener dos.
- d. La inversión para futuros mantenimientos sería solo de 1 robot.
- e. El alcance máximo del brazo es de 550mm y para el THL 300 es de 300mm.

Para el THP-550 tienen la capacidad de colocar un efector final tipo ventosa, la cual es la más adecuada para realizar el movimiento de bolsas plásticas, debido a que este efector se adapta al relieve irregular de la bolsa.

6.2.3.2 Armadora de caja.

Para la propuesta se cuenta con un armadora de caja modelo CE-12 Box Erector de Cleveland Equipment & Supply que posee las siguientes características.

Tabla 16 Características técnicas del Box Erecto CE-12

Característica	Valor
Dimensiones	79"(L) x 74"(W) x 57"(H)
Tamaño mayor de las cajas	17.5"(L) x 15.5"(W) x 15.5"(H)
Tamaño menor de las cajas	8"(L) x 6"(W) x 4"(H)
Tasa Máxima de armado de cajas	10-12 cajas por minuto
Fuente de alimentación	110V AC
Peso de la maquina	990 lb
Precio	\$19 200 USD

Microsoft Word 2013 (Equipment, 2016)

Los requerimientos por parte del proceso de empackado en Panduit es de 8 cajas por minuto y debe de permitir utilizar cajas con un tamaño mínimo de 8.5"(L) x 5.5"(W) x 2.5"(H) y un tamaño máximo de la caja de 12(L) x 12"(W) x 12"(H), por lo que esta armadora de caja solo cumpliría con los requisitos máximos de caja, con los mínimos no los cumpliría. Y consultando con la agente de ventas de Cleveland Equipment & Supply se nos dijo que se podría modificar el equipo pero tendría un costo adicional de aproximadamente \$ 2 500 USD y esta modificación tendría que ser evaluada para conocer si cumple con las dimensiones de cajas que se requieren.

Existen las siguientes soluciones:

- a. Realizar las modificaciones del equipo con un costo adicional.
- b. Utilizar una nueva caja del tamaño de 8"(L) x 6"(W) x 4.7"(H). la dimensión de altura es 4.7" debido a las dimensiones mínimas de la cerradora y selladora de caja que severa más adelante.
- c. Buscar otro suplidor que cumpla con las dimensiones mínimas de 8.5"(L) x 5.5"(W) x 2.5"(H) de las cajas.

Lo recomendable es esperar la respuesta por parte de Cleveland Equipment & Supply de las modificaciones que se le deben de realizar al equipo, ya que si se selecciona una caja con una dimensión mayor, se tendría el problema de que el espacio de almacenaje en bodega y de transporte sería mucho mayor, y a largo plazo, Panduit se vería afectada económicamente al tener que gastar más para el transporte de la misma cantidad de producto debido a que el volumen de las cajas es mayor.

Si no existe la posibilidad de adaptar el equipo a las dimensiones de las cajas se debe de buscar otro suplidor de armadora de cajas.



Microsoft Word 2013

Figura 40 Box Erector CE-12

Fuente: *(Equipment, 2016)*

6.2.3.3 Cerradora y selladora de la caja.

Para la propuesta se cuenta con un cerradora y selladora de caja modelo CE-558F de Cleveland Equipment & Supply que posee las siguientes características.

Tabla 17 Características técnicas de la cerradora y selladora de caja modelo CE-558F

Característica	Valor
Dimensiones	42"L x 34"W x 40"H
Tamaño mayor de las cajas	23.6"(X(L) x 19.9"(W) x 19.6"(H)
Tamaño menor de las cajas	7.9"(L) x 5.9"(W) x 4.7"(H)
Velocidad de las bandas	50 pies por minuto
Fuente de alimentación	110V AC
Precio	\$4 387 USD

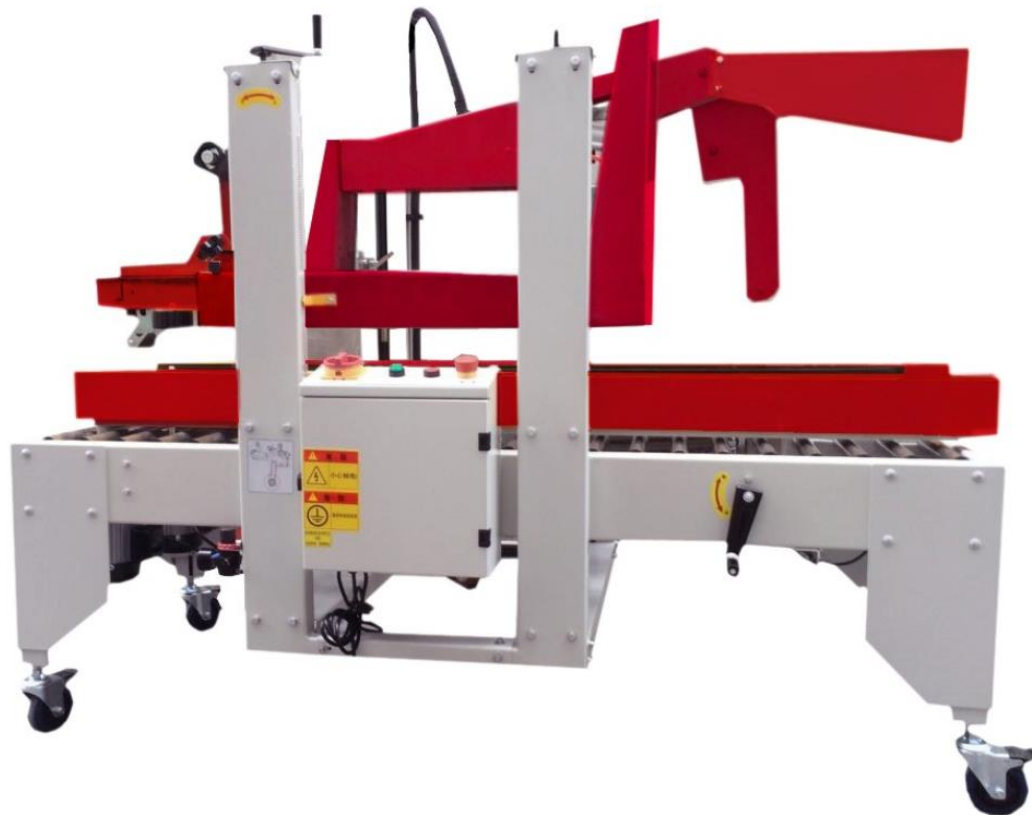
Microsoft Word 2013 (Equipment, 2016)

Los requerimientos por parte del proceso de empacada en Panduit es de 6 cajas por minuto (este valor se encuentra multiplicado por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica) y debe de permitir utilizar cajas con un tamaño mínimo de 8.5"(L) x 5.5"(W) x 2.5"(H) y un tamaño máximo de la caja de 12(L) x 12"(W) x 12"(H), por lo que esta cerradora y selladora de cajas solo cumpliría con los requisitos máximos de caja, con los mínimos no los cumpliría. Por lo que se tiene que hacer la consulta a los agentes de ventas de Cleveland Equipment & Supply para conocer si existe la posibilidad de adaptar el equipo CE-558F a las dimensiones mínimas de cajas que posee Panduit de Costa Rica.

Existen las siguientes soluciones:

- a. Consultar si es posible realzar las modificaciones del equipo para adaptarse al tamaño de caja 8.5"(L) x 5.5"(W) x 2.5"(H), el cual tendría un costo adicional.
- b. Utilizar una nueva caja del tamaño de 8"(L) x 6"(W) x 4.7"(H). para que se compatible también con la armadora de caja CE-12.
- c. Buscar otro suplidor que cumpla con las dimensiones mínimas de 8.5"(L) x 5.5"(W) x 2.5"(H) de las cajas que utiliza Panduit de Costa Rica.

Lo recomendable es realizar la consulta a los agentes de venta de Cleveland Equipment & Supply para conocer si es posible adaptar el equipo a las tamaño de caja que se están utilizando, si no fuese posible hay que buscar otro proveedor que tenga la capacidad de cerrar y sellar el tamaño de caja utilizado, y se debe de dejar como última opción, la modificación del tamaño de caja utilizada, porque se tendría el problema de utilizar un volumen mayor por lo que los costos de almacenamiento y transporte del producto se incrementaría al utilizar más espacio para la misma cantidad de producto empacado.



Microsoft Word 2013

Figura 41 Cerradora y selladora de caja modelo CE-558F

Fuente: *(Equipment, 2016)*

6.2.4 Ventajas de la propuesta.

- a. Al automatizar el proceso con ayuda de un robot, se va a tener una confiabilidad del mismo casi del 100% debido a que se va asegurar que el robot tome la bolsa y la introduzca siempre en la zona donde se encuentra la caja, contrario a lo que sucede con el usuario, que por descuido, cansancio o negligencia pudiera introducir menos bolsas, ocasionando las quejas por parte del departamento de calidad o de los clientes.
- b. Aumentará la disponibilidad de la mesa, debido a que el robot se puede poner trabajar en turnos diurnos y nocturnos.
- c. El personal se reacomodaría en otras tareas para alivianar cargas de los compañeros y aumentar la eficiencia de los procesos.

6.2.5 Desventajas de la propuesta.

- a. Se tiene que hacer gastos por mantenimiento preventivo o correctivo tanto para el robot como para la armadora y selladora de caja.
- b. Algunos de los operarios de empaque puedan sentirse amenazado porque creen que esta automatización viene a sustituirlos.
- c. Se necesita capacitar al personal para manipular al Robot y saber qué hacer en caso de algún accidente.
- d. La propuesta no cumple en su totalidad con los tamaños de caja planteados.

6.2.6 Análisis Financiero de la propuesta de automatización.

Para este apartado se expondrá la rentabilidad para implementar la propuesta de automatización en el área de empaque de moldeo en Panduit de Costa Rica, al analizar indicadores como la Tasa Interna de Retorno (TIR) la cual nos dirá en forma porcentual la rentabilidad del proyecto con una tasa de descuento y el Valor Actual Neto (VAN) que nos dirá de una forma actualizada y en el presente el valor de los flujos económicos de la empresa en este proyecto.

Para realizar el cálculo de estos indicadores es necesario determinar los ingresos y egresos de la propuesta, antes, durante y después de su implementación para un correcto análisis, en la siguiente tabla se describe la inversión realizada para el mismo.

Tabla 18 Inversión inicial para la ejecución del proyecto.

Equipo o tarea	Descripción	Costo
Robot	Robot THP-550	\$20,846
Armadora de caja	E-12 Box Erector de Cleveland Equipment & Supply	\$19,200
Cerradora y selladora de caja	CE-558F de Cleveland Equipment & Supply	\$4,387
Otros varios	Cableado, instalaciones, reacomodo de planta, capacitación del persona	\$4,000
Total		\$48,443

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Panduit de Costa Rica realizaría el financiamiento del proyecto en un 100%, lo que significa que no se necesitaría inversionistas o entes financieros.

Es importante conocer los flujos de caja para esta propuesta cuyos egresos se tiene la inversión inicial, los gastos de operación y de mantenimiento aproximadamente de \$3000 anuales y para los ingresos se tiene un aumento en la producción debido al siguiente cálculo.

Actualmente se tiene una caja armada con todos sus partes en el interior y sellada en unos 69.4 segundos, lo cual nos dice que por minuto se realizan 0.8645 cajas, para la propuesta planteada se pretende una máxima tasa de empaqueo de 6 cajas por minuto, por lo que la productividad se aumentaría hasta un 6.94 veces. Hay que aclarar que estos valores de productividad se encuentran multiplicado por un factor por asuntos de confidencialidad de Panduit de Costa Rica.

Para tomar una referencia sobre los salarios que gana un operario en Panduit se utilizarán los salarios mínimo que brinda el Ministerio de Trabajo de Costa Rica, para no brindar los datos reales de la planilla de operarios del área de empaque

Para un Trabajador Calificado según el Ministerio de Trabajo debe de tener un salario mensual de ₡ 326.148,79 mensual (MTSS, 2016) para el primer semestre del 2016 y con un tipo de cambio del dólar de 543.63 tomado del banco central de Costa Rica el día 20 de mayo (BCCR, 2016), al realizar la conversión se tendrá un salario mensual de \$599.95 mensuales por lo que anualmente un operario ganaría \$7199.4 al año; con la propuesta trabajando a su máxima capacidad se tendría un ahorro de hasta 5.94 veces y traducido esto a dinero es de \$42 764.44 anuales.

Los \$ 42 764.44 es el ahorro si se trabajara 6.94 personas en el área, pero Panduit no planea contratar más personal en el área, y para encontrar un ahorro más real se basara en las horas extras trabajadas. Por semana se tiene un promedio de 90 horas extras (este valor se encuentra multiplicado por un factor para no brindar la información real de la producción en Panduit de Costa Rica por asunto de confidencialidad) y traducidas en dinero es de \$281.23 semanales y por ser horas extras se debe de pagar un adicional de \$140.613 para un total de \$421.84 por semana y anualmente es de \$20248.32. El robot trabajando a una velocidad máxima lograría hacer las 90horas extras en 12 horas 59 minutos.

Para calcular el TIR y VAN se apoyó de una hoja de cálculo en línea que se puede encontrar en las siguientes direcciones:

Calculadora del TIR: <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>

Calculadora del VAN: <http://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-van/>

En la siguiente tabla se observa los valores de flujo de caja a dos años que se utilizaron para realizar el cálculo del TIR, los cuales se tomara como pagos un valor de \$3000 para realizar mantenimientos en los equipos y en cobros están las ganancias obtenidas al mejorar la productividad con base al salario de un operador.

En el proceso de empaque solamente existe un desperdicio y se genera al momento de cargar un nuevo rollo de bolsas en la autobagger, ya que las primeras nueve bolsas de este nuevo rollo, no se le puede imprimir la información de la orden, por lo que no se puede utilizar para empacar las partes moldeadas.

Este desperdicio no se elimina con la propuesta debido a que se va a utilizar la misma autobagger.

Tabla 19 Tabla con valores para calcular el TIR

Año	Cobro (\$)	Pago (\$)	Flujo de caja (\$)
0			-48.443,00
1	20248.32	3000	17248.30
2	20248.32	3000	17248.30
3	20248.32	3000	17248.30
4	20248.32	3000	17248.30
5	20248.32	3000	17248.30

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Al realizar el cálculo se tiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22.91% por lo que el proyecto es rentable y aceptable para Panduit debido a que piden que el TIR sea mayor al 20%

Para el cálculo del VAN se tiene la siguiente tabla e igualmente a cinco años con una rentabilidad de 20%, este valor es el mínimo utilizado por Panduit para sus proyectos.

Tabla 20 Tabla con valores para calcular el VAN

Año	Cobro (\$)	Pago (\$)	Flujo de caja (\$)
0			-48.443,00
1	20248.32	3000	17248.30
2	20248.32	3000	17248.30
3	20248.32	3000	17248.30
4	20248.32	3000	17248.30
5	20248.32	3000	17248.30

Microsoft Word 2013 (Ramírez, 2016)

Al realizar el cálculo a cinco años se tiene un Valor Actual Neto (VAN) de \$3 139,98 por lo que es rentable la implementación de esta propuesta ya que se va a obtener ganancias con la tasa de descuento del 20% y Panduit solamente necesita que el VAN sea un valor positivo.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES

- Se logró identificar las variables necesarias a medir para controlar la productividad del proceso.
- Se realizó el análisis de la propuesta de un robot para automatizar una de las líneas de empaque, mediante indicadores financieros reflejados en la producción y la factibilidad para ser implementado.
- Se implementó la aplicación principal con interfaz gráfica dentro de la planta a través de la plataforma LabView para monitorear la productividad.
- Se realizó el análisis económico-financiero del proyecto para conocer la factibilidad del mismo, a través de indicadores como el TIR y VAN.

CAPITULO 8. RECOMENDACIONES

- a. Realizar la integración de la Makoy (Equipo de empaque que está en proceso de cambio y aislado a las bases de datos) al sistema de monitorización cuando se terminen de realizar las modificaciones de los nuevos equipos por parte de los ingenieros de Panduit.
- b. Extender el sistema de monitorización de productividad a otras áreas de la planta para obtener información valiosa en la toma de decisiones por el personal encargado.
- c. Estandarizar un software para almacenar información, ya que se encuentra información en diferentes bases de datos como son SQL Server 2012, en Microsoft Access y en Excel.
- d. Aplicar un sistema para la medición individual de productividad para cada operario.

CAPITULO 9. BIBLIOGRAFÍA

- BCCR. (20 de Mayo de 2016). *BCCR*. Obtenido de BCCR: <http://indicadoreseconomicos.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/cuadros/frmvercatcuadro.aspx?CodCuadro=400>
- Berks Plant Design & Maintenance, I. (20 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://www.bpdm.com/images/Bag-on-Roll-Bagger.jpg>
- Cáceres, D. G. (s.f.). *Financiacion Global de Proyectos*. Madrid: ESIC.
- connectionstrings. (15 de 03 de 2016). *connectionstrings*. Obtenido de connectionstrings: <http://www.connectionstrings.com/access/>
- Díaz, I. A. (2006). *Finanzas Corporativas en la Práctica*. Madrid: Delta.
- Donahoo, M. J., & Speegle, G. D. (2010). *SQL Practical Guide for Developers*. US: Morgan Kaufmann.
- Dynos. (20 de Mayo de 2016). *Dynos*. Obtenido de http://www.dynos.es/img2/lector-codigo-de-barras-voyager-1200g-ps2-negro___MS1200GPS2NEGRO-1.jpg
- Edinburgh. (20 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://www.edinburgh-robotics.org/sites/default/files/baxter-robot.jpg>
- Equipment, C. (20 de Mayo de 2016). Obtenido de http://clevelandequipment.com/ce-12box-erecort.html#product_tabs_description_tabbed
- Equipment, C. (20 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://clevelandequipment.com/ce-558f-uniform-semi-automatic-carton-sealer.html>
- Equipment, C. (20 de Mayo de 2016). *Cleveland Equipment*. Obtenido de http://clevelandequipment.com/media/catalog/product/cache/1/small_image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/C/E/CE-12.jpg
- Espinoza, W. R. (02 de Febrero de 2016). Cronograma del proyecto de mejora en panduit. Alajuela, Alajuela, Costa Rica.
- García, J. M. (2016). *Almacenamiento de la informacion e introduccion a los SGBD*. ic editorial. Obtenido de https://books.google.co.cr/books?id=LBPmCQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=SGBD&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=cap%C3%ADtulo%202&f=false
- Globales, J. S. (20 de Mayo de 2016). *J&L Soluciones Globales*. Obtenido de <http://www.jylsolucionesglobales.com/costarica/wp->

content/uploads/2014/08/MAQUINA-SELLADORA-DE-CAJAS-e1431644825419.jpg

- Google. (9 de Abril de 2016). Obtenido de <https://www.google.es/maps/>
- Industry, D. (20 de Mayo de 2016). *Direct Industry*. Obtenido de http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/70760-2508375.jpg
- Instrumets, N. (7 de Abril de 2016). *National Instrumets*. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/esa/>
- Macias, C. C. (2012). *UNIVERSIDAD DISTRITAL FR*. Obtenido de <http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3157626/IMPLEMENTACION+OEE.pdf>
- MTSS. (20 de Mayo de 2016). *MTSS*. Obtenido de MTSS: http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Lista_salarios-I-Semestre_2016.pdf
- Neeraj Sharma. (8 de Abril de 2016). *Database Fundamentals*. Canada. Obtenido de http://public.dhe.ibm.com/software/dw/db2/express-c/wiki/Database_fundamentals.pdf
- NI. (2 de Mayo de 2016). *NI*. Obtenido de <http://www.ni.com/labview/esa/>
- Obando, A. A. (20 de Mayo de 2016). Movimiento de las bolsas hasta la caja. Grecia, Alajuela, Costa Rica.
- Panduit. (25 de Abril de 2016). *Panduit*. Obtenido de Panduit: www.Panduit.com
- Ramírez, W. (3 de Abril de 2016). Figuras - Tablas para el proyecto de graduación. Alajuela, Alajuela, Costa Rica.
- Robotics, R. (2015). *Baxter user guide for intera 3.3 software*.
- Robotics, R. (20 de Mayo de 2016). *Rethink Robotics*. Obtenido de http://mfg.rethinkrobotics.com/wiki/Main_Page
- Ruiz, J. A. (2009). *La Teoría de la Medición del Despilfarro*. ZADECON.
- Supplies, A. (20 de Mayo de 2016). *Automation Supplies*. Obtenido de http://www.automation-supplies.com/images/2200_cleated_belt.jpg
- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *Controlador TS3000*. Obtenido de <http://www.toshiba-machine.co.jp/en/product/robot/lineup/th/ts3000.html>
- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *Controlador TS3100*. Obtenido de <http://www.toshiba-machine.co.jp/en/product/robot/lineup/th/ts3100.html>
- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *Robot THP 550*. Obtenido de <http://www.toshiba-machine.co.jp/en/product/robot/lineup/th/thp550.html>

- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *THL300 Specification*. Obtenido de http://www.toshiba-machine.com/CSProductDetails.aspx?dept=4&machine_id=285
- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *Toshiba*. Obtenido de http://www.toshiba-machine.co.jp/images/en/product/robot/gazou/thl_small.jpg
- Toshiba. (20 de Mayo de 2016). *Toshiba*. Obtenido de <http://www.toshiba-machine.co.jp/en/product/robot/>
- Velleman. (02 de Mayo de 2016). *Velleman* . Obtenido de Velleman : <http://www.vellemanusa.com/products/view/?country=us&lang=enu&id=525191>

APÉNDICES

A.1 Glosario y abreviaturas

DLL. Dynamic Library Link.

(H). High.

Hardware. Elementos Físicos De Un Sistema.

Hz. Hertz.

ISO. International Organization For Standardization.

IT. Tecnología De Información.

(L). Large.

LabView. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench.

M/S. Metro Por Segundo.

Ni. National Instruments.

OEE. Overall Equipment Effectiveness.

Path. Es Una Variable De Referencia De Un Archivo En Un Sistema Informático.

PLC. Programmable Logic Control.

QC. Número De Orden De Trabajo.

RAM. Random Access Memory.

Routing. Tiempo Ideal Para Producir Una Parte.

SGBD. Sistema Gestor De Base De Datos.

Software. Programas O Rutinas Que Permiten A Un Computador Realizar Las Tareas Requeridas.

SQL. Structure Query Language.

TIR. Tasa Interna De Retorno.

VAN. Valor Actual Neto.

VI. Virtual Instrument.

(W). Width

A.2 Hojas de datos

A.2.1 Especificaciones del THL 300

Arm Length (1st arm + 2nd arm)		300mm
Working Envelope	Axis 1	+/-125 deg
	Axis 2	+/-145 deg
	Axis 3	160 mm
	Axis 4	+/-360 deg
Maximum Speed	Axis 1	660 deg/s
	Axis 2	660 deg/s
	Axis 3	1120mm/s
	Axis 4	1500 deg/s
	Composite	5.1 m/s
Standard Cycle Time		0.48 s(with 2kg load)
Maximum Payload Mass		5kg (11lbs)
Allowable Moment of Inertia		0.05 kgm ²
Positioning Repeatability	X-Y	+/-0.01mm
	Z	+/-0.015mm
	Axis 4	+/-0.007 deg
Wiring / Pneumatic Piping for hand		8 inputs/ 8 outputs 4mm x 3 pcs.
Cable Length		3.5 m
Mass		12 kg
Controller		TSL3000
Option		

Fuente: (Toshiba, THL300 Specification, 2016)

A.2.2 Especificaciones del THP 550

Arm Length	Full length	550mm
	First arm	300mm
	Second arm	250mm
Range of Motion	First axis	$\pm 120^\circ$
	Second axis	$\pm 145^\circ$
	Third axis (Z-axis)	150mm (option: 300mm)
	Fourth axis (Z-axial rotation)	$\pm 360^\circ$
Maximum Speed	First axis	375°/s
	Second axis	600°/s
	Third axis (Z-axis)	2000mm/s
	Fourth axis (Z-axial rotation)	2000°/s
	Composite speed	6.21m/s
Standard Cycle Time	Horizontal direction: 100 mm Vertical direction: 25 mm, reciprocating	0.30s (with 2 kg weight)
Load	Maximum payload	5kg
	Allowable end moment	0.06kg·m ²
Position Repeatability	X, Y (plane surface)	± 0.01 mm
	Z-axis (vertical)	± 0.01 mm
	Fourth axis (Z-axial rotation)	$\pm 0.005^\circ$
Input Signal for Hand		8 inputs, 8 outputs
Air Piping for Hand		$\phi 4 \times 4$
Position Detection Method		Absolute encoder mode
Total Weight		Approx. 28kg
Attached Cable		Standard: 5 m (option: 25 m)
Controller		■ TS3100

Fuente:(Toshiba, Robot THP 550, 2016)

A.2.3 Especificaciones del TS 3000

No. of Controlled Axes	Standard 4-axes (Maximum 5-axes)	
Motion Modes	PTP, CP (Linear, Circular), Short-cut, Arch Motion	
Position Detection	Absolute Encoders	
Storage Capacity	Approx. Total: 12800 points + 25600 steps 1 program: 2000 points + 3000 steps	
No. of Registrable Programs	Maximum 256	
Programming Language	SCOL (similar to BASIC)	
Teaching Unit	teach pendant TP1000: Cable length 5m (Programming support PC software TSPC also available)	
External Operation Signal	32 input, 32 output	
Hand Control Signals	8 input, 8 output	
External Operation Signal	Input	cycle operation mode, start, stop, program reset, etc
	Output	Servo ON, operation ready, fault, etc
Serial Communication Ports	RS-232C: 2 ports, Ethernet: 1 port	
Other Functions	Torque control, Interrupt function, self-diagnosis, I/O control, communication during motion, communication processing, PLC, conveyor synchronisation, etc	
Power Supply and Capacity	Single-phase, AC200V-240V, 50/60Hz, 4.8kVA	
Outer Dimensions and Mass	290W×230H×298D (mm), Approx. 13kg	

Fuente: (Toshiba, Controlador TS3000, 2016)

A.2.4 Especificaciones del TS 3100

No. of Controlled Axes	Maximum 8-axis simultaneous control (2 additional axes under development)	
Motion Modes	PTP, CP (Linear, Circular), Short-cut, Arch motion	
Position Detection	Absolute Encoders	
Storage Capacity	Approx. Total: 12800 points + 25600 steps 1 program: 2000 points + 3000 steps	
No. of Registrable Programs	Maximum 256	
Programming Language	SCOL (similar to BASIC)	
Teaching Unit	teach pendant TP1000: Cable length 5m (Programming support PC software TSPC also available)	
External Operation Signal	32 input, 32 output	
Hand Control Signals	8 input, 8 output	
External Operation Signal	Input	cycle operation mode, start, stop, program reset, etc
	Output	Servo ON, operation ready, fault, etc
Serial Communication Ports	RS-232C: 2 ports, Ethernet: 1 port	
Oter Fancions	Torque control, Interrupt function, self-diagnosis, I/O control, communication during motion, communication processing, PLC, conveyor synchronisation, etc	
Power Supply and Capacity	Single-phase, AC200V-240V, 50/60Hz, 3.5-4.8kVA (The power capacity varies depending on the model of the robot.)	
Outer Dimensions and Mass	420W×230H×298D (mm), Approx. 17kg	

Fuente: (Toshiba, Controlador TS3100, 2016)

A.3 Manual de instalación de la aplicación de monitoreo de empaque.

El instalador de la aplicación se encuentra en la siguiente dirección: H:\Archivos públicos\CR USERS\WRE\Aplicaciones\Monitoreo de Empaque Moldeo y contiene las siguientes carpetas:

- a. APP: esta carpeta contiene el ejecutable de la aplicación (*.exe).
- b. Instalador: esta carpeta contiene el instalador de la aplicación.
- c. Proyecto: esta carpeta contiene el archivo que contiene el proyecto en LabView (*.lvproj).
- d. VI's: esta carpeta contiene todos los VI's que posee el proyecto.

Para realizar la instalación correcta hay que seguir los siguientes pasos:

- a. El usuario debe de tener permisos para instalar en la computadora.
- b. Entrar a la siguiente dirección: H:\Archivos públicos\CR USERS\WRE\Aplicaciones\Monitoreo de Empaque Moldeo\Instalador.
- c. Ejecutar el archivo Setup.exe.
- d. Seleccionar Next -> Next -> Finish.
- e. Reiniciar el computador.
- f. Iniciar la aplicación mediante el acceso directo que se creó en el escritorio con el monte de: Monitoreo de Empaque Moldeo.

ANEXOS

Anexo A. Hoja De Información Del Proyecto

Datos del estudiante:

Nombre: William Francisco Ramírez Espinoza

Cédula: 402190146 **Carné ITCR:** 201130669

Dirección de su residencia: Atenas Centro

Teléfono de residencia: 24467770

Teléfono celular: 89374444

Correo electrónico: willyfranciscocr@gmail.com

Información del proyecto:

Nombre del Proyecto: Sistema para mejorar la productividad y la confiabilidad del proceso de Empaque para productos moldeados por inyección.

Información de la empresa:

Nombre: Panduit de Costa Rica Ltda.

Actividad Principal: Manufactura, Industria Cableado Estructural y Tecnología

Zona: Alajuela, Grecia, Puente de Piedra, La Argentina

Dirección: Zona Franca Grecia

Teléfono: (506) 2495-6500

Información del encargado/asesor en la empresa:

Nombre: Álvaro Alvarado Obando

Puesto que ocupa: Gerente de Área de Producción

Departamento: Moldeo/ID

Profesión: Ingeniero Electrónico

Grado académico: Maestría en Electromecánica

Teléfono: 2495-6334

Correo electrónico: cr-aaopanduit.com