

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica

Informe Final

**Sistema de monitoreo de eficiencia en la línea de producción de Salsas
Oscuras.**

Unilever de Centro América

Jonathan Vargas Cabezas

Cartago, Abril del 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

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

Miembros del Tribunal



Ing. Gabriela Ortiz León

Profesora lectora



Ing. Marvin Hernández Cisneros

Profesor lector



Ing. Néstor Hernández Hostaller

Profesor asesor



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 Escuela de Ingeniería Electrónica

3 de abril del 2006, ITCR

Declaro que el presente anteproyecto ha sido realizado por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema, así como la información que haya suministrado la empresa para la que se realizará el proyecto, y aplicando 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 por el contenido de este Anteproyecto.

Cartago, 3 de Abril del 2006

Jonathan Vargas Cabezas.

Cédula: 1 1116 0785

Resumen

UNILEVER es una empresa de productos de consumo masivo reconocida mundialmente. En Costa Rica sus principales tareas son la distribución de marcas bajo su sello y la elaboración de productos alimenticios como salsas, mayonesa, mostaza, y frijoles entre otros. En el actual proyecto se implementó un sistema de monitoreo para la línea de producción de salsas oscuras, y basándose en la información de códigos PAMCO (Control planta máquina) el cual consiste en un sistema de identificación de eventos. Por último se realizaron cálculos de eficiencia.

Desde un computador en una posición remota se observa el funcionamiento de la línea, alertando de cambios en los parámetros mecánicos y eléctricos que pueden ser indicadores de una posible falla o paro productivo.

El prototipo permite obtener información confiable, permitiendo que los datos sean almacenados instantáneamente.

Como parte del proyecto se generó la clasificación de las diferentes partes mecánicas que conforman la línea productiva, con el fin de evitar la colocación de sensores en todas las etapas de la línea, reduciendo el costo inicial de inversión.

Se utilizaron un controlador, un panel de operador enlazados por medio del puerto de comunicaciones serial a una base de datos. Además diferentes herramientas, como por ejemplo Visual Basic. Con los datos adquiridos se confeccionaron reportes diarios en Microsoft Word, permitiendo al encargado en recolección de boletas de paros productivos disponer de mayor cantidad de tiempo para efectuar un mejor análisis de la información.

Palabras clave: SCADA (Sistema de control y adquisición de datos), eficiencia operativa, eficiencia productiva, PLC, HMI (interfaz hombre máquina).

Abstract

UNILEVER is an enterprise dedicated to massive consumes products. In Costa Rica its main task is the distribution of different brands and production of LIZANO sauce's. The monitor system is an excellent tool to calculate the operative and productive efficiency.

With a computer you can watch the correct machine behaviour and alert about mechanical and electrical changes. The prototype allows getting reliable information and storing data quickly. It also increases the efficiency of production and operation and allows getting precise information by decreasing time in acquisition and analysis by 48 hours.

Part of this project consisted in the creation of a list with the main components of the machine. This action has an important advantage because it reduces inversion's costs for the company and with the correct training to workers increases the precision. In the project it was used a microcontroller. A panel view was connected to the serial port of a computer to fill the database. There were used different technologic tools, like Visual Basic. The reports were made in Microsoft Office. They allow the person, in charge of gathering information, to have more time for analyze the results about the production.

Key words: SCADA, productive efficiency, operative efficiency, PLC, HMI.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| Capítulo 1: Introducción | 10 |
| 1.1 Problema existente e importancia de solución..... | 10 |
| 1.2 Solución seleccionada | 11 |
| Capítulo 2. Meta y Objetivos | 12 |
| 2.1 Meta..... | 12 |
| 2.2 Objetivo general..... | 12 |
| 2.3 Objetivos específicos | 12 |
| 2.3.1 Objetivos de Hardware..... | 12 |
| 2.3.2 Objetivos de Software | 13 |
| 2.3.3 Objetivos de documentación | 13 |
| 2.3.4 Objetivos de implementación. | 13 |
| Capítulo 3: Marco Teórico | 14 |
| 3.1 Descripción del sistema o proceso por mejorar | 14 |
| 3.2. Antecedentes Prácticos | 18 |
| 3.3. Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema. | 18 |
| Capítulo 4: Procedimiento metodológico | 19 |
| 4.1 Reconocimiento y definición del problema..... | 19 |
| 4.2 Obtención y análisis de información | 19 |
| 4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución..... | 19 |
| 4.4 Implementación de la solución..... | 20 |
| 4.5 Características del proceso de diseño incorporadas al proyecto..... | 20 |
| 4.5.1 Descripción de las características de diseño presentes en el proyecto..... | 20 |
| 4.5.2 Aporte del estudiante al proyecto..... | 21 |
| 4.5.3 Transferencia de tecnología..... | 21 |
| Capítulo 5: Descripción detallada de la solución (Explicación del diseño) | 22 |
| 5.1 Análisis de soluciones y selección final..... | 22 |
| Funciones de los módulos..... | 24 |
| 5.2 Descripción del hardware | 26 |
| 5.3 Descripción del software..... | 32 |
| Capítulo 6: Análisis de Resultados..... | 57 |
| 6.1 Resultados..... | 57 |
| 6.2 Análisis | 60 |
| Capitulo 7: Conclusiones y recomendaciones..... | 68 |
| Capitulo 8: Bibliografía | 69 |
| Apéndices..... | 70 |
| A.1 Recursos utilizados para el desarrollo del proyecto | 70 |
| A.2 Glosario, abreviaturas y simbología | 72 |
| A.3 Información sobre la empresa | 73 |
| A.3.1 Descripción de la empresa | 73 |
| A.3.2 Descripción del departamento en la que se realizará el proyecto .. | 73 |
| A.4 Manual de usuario..... | 74 |

| | | |
|-----|--|----|
| A.5 | Diagrama eléctrico..... | 87 |
| A.6 | Comunicación radio MODEM:..... | 89 |
| | PlantLinc PLR5000— Módem Industrial Inalámbrico en Serial para Banda de 900 MHz | 90 |
| | Características | 90 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 3.1.1. Diagrama de flujo de producción de salsas oscuras. | 15 |
| Figura 5.1.1. Diagrama de bloques para el prototipo de reportes de código de paro proyectado | 23 |
| Figura 5.1.2. Diagrama de bloques para el prototipo de reportes de código de paro implementado en el proyecto. | 24 |
| Figura.5.2.1. Panel de operador Panel View 400 plus | 26 |
| Figura.5.2.2. Sensor “Mini-Beam” modo difuso | 29 |
| Figura 5.3.1. Diagrama de flujo del controlador..... | 33 |
| Figura 5.3.2. Pantalla inicial del panel de operador..... | 34 |
| Figura 5.3.3. Pantalla del panel de operador 1..... | 35 |
| Figura 5.3.4. Pantalla del panel de operador 2..... | 35 |
| Figura 5.3.5. Pantalla del panel de operador 3..... | 36 |
| Figura 5.3.6. Pantalla del panel de operador | 36 |
| Figura 5.3.7. Pantalla del panel de operador 5..... | 37 |
| Figura 5.3.8. Pantalla del panel de operador codificación equipos 6 | 37 |
| Figura 5.3.9. Pantalla del panel de operador codificación equipos 7 | 37 |
| Figura 5.3.10. Pantalla del panel de operador codificación equipos sopladora 8 | 38 |
| Figura 5.3.11. Pantalla del panel de operador final 9 | 38 |
| Figura 5.3.12. Motor carrusel de la llenadora. | 42 |
| Figura 5.3.13. Motor bomba de llenado..... | 42 |
| Figura 5.3.14. Carrusel de botellas | 43 |
| Figura 5.3.15. Salida de la tapadora | 43 |
| Figura 5.3.16. Salida de la selladora | 44 |
| Figura 5.3.17. Horno de la selladora | 44 |
| Figura 5.3.18. Etiquetadora. | 45 |
| Figura 5.3.19. Relaciones de la base de datos. | 50 |
| Figura 5.3.20. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO 1. | 52 |
| Figura 5.3.21. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO 2. | 53 |
| Figura 5.3.22. Selección de fecha en el sistema PAMCO DEMO. | 53 |
| Figura 5.3.23. Generación de reporte del sistema PAMCO DEMO..... | 54 |
| Figura 5.3.24. Etapas del reporte en el sistema PAMCO DEMO. | 55 |
| Figura 5.3.26. Eficiencia operativa y productiva en el sistema PAMCO DEMO. | 55 |
| Figura 5.3.27. Reporte de eficiencia generado en Word. | 56 |
| Figura 6.1.1. Reporte de eficiencia generado por medio de Visual Basic. | 58 |
| Figura A.6.1. Radio MODEM EI WISE-B-900 para comunicación ETHERNET inalámbrica..... | 89 |
| Figura A.6.2 Módem Inalámbrico con interfase RS-232/RS-485..... | 91 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla.3.1.1.Hoja control de pérdidas y eficiencia PAMCO 1 | 16 |
| Tabla.3.1.2.Hoja control de pérdidas y eficiencia PAMCO 2 | 17 |
| Tabla 4.5.1 Elementos integrados en el proyecto | 20 |
| Tabla 4.5.2 Limitaciones de desarrollo del proyecto | 20 |
| Tabla 4.5.3 Características del proceso de diseño del proyecto | 21 |
| Tabla 5.2.1. Características del panel de operador..... | 27 |
| Tabla. 5.2.2. Especificaciones técnicas de la base de entrada / salidas. | 29 |
| Tabla.5.2.3 Función de pines de puerto RS-232..... | 30 |
| Tabla 5.2.4 Tabla con los parámetros definidos para el protocolo de comunicación entre los módulos del sistema de comunicación. | 31 |
| Tabla 5.3.1. Tiempos necesarios para el cálculo de eficiencia. | 40 |
| Tabla 5.3.2.Definición de códigos de quiebra..... | 41 |
| Tabla 5.3.3. Indicadores de buen funcionamiento de la línea 2 de salsas oscuras..... | 46 |
| Tabla 5.3.4. Tabla de recolección de paros | 47 |
| Tabla 5.3.5. Tabla de información de turno..... | 48 |
| Tabla 5.3.6. Códigos de paro | 49 |
| Tabla 5.3.7. Parámetros mecánicos..... | 49 |
| Tabla A.1.1 Materiales necesarios para el desarrollo del proyecto | 70 |
| Tabla A.1.2 Equipos necesarios para el desarrollo del proyecto..... | 70 |
| Tabla A.1.3 Servicios personales necesarios para el desarrollo del proyecto | 71 |
| Tabla A.1.4 Infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto | 71 |

Capítulo 1: Introducción

1.1 Problema existente e importancia de solución

Actualmente, la empresa cuenta con un sistema de reporte de eventos durante el ciclo productivo que se conoce como códigos PAMCO (Control Planta Máquina), en el cual el operario de la máquina debe escribir a mano el código correspondiente y la duración del paro. Al final de un ciclo de trabajo una persona encargada del análisis de la información recoge todas las fichas. Estos datos son muy importantes ya que gracias a ellos se puede establecer la eficiencia de la producción. La eficiencia se compara con la cantidad de cajas de producto al final en una jornada laboral, y se establecen porcentajes de producción que informan a la empresa de la efectividad de sus estrategias laborales en los diferentes procesos.

Estos reportes de eficiencia son transmitidos a entidades superiores, que deciden sobre la factibilidad de las operaciones en Costa Rica. Es muy importante corroborar que las horas efectivas de trabajo correspondan a la producción, ya que en los actuales reportes se acumula mucho error, en muchas ocasiones no se tiene certeza del dato de tiempo total fuera de producción, y se introducen distorsiones debidas al factor humano.

El problema actual corresponde a el manejo de la información, que trae repercusiones en los cálculos de eficiencia, por la existencia de una diferencia entre la cantidad de materia producida y lo que se reporta, dando como resultado datos no confiables que impiden a UNILEVER tomar decisiones más certeras sobre la utilización de los recursos, y sus posteriores consecuencias económicas. Con el actual proyecto se pretende mejorar el sistema actual y ofrecer a UNILEVER de Centro América datos precisos que permitan brindar una visión real del proceso productivo.

Lista de beneficios:

- Observar pérdidas.
- Indicador de operación de la planta.
- Visualización del funcionamiento de las líneas.
- Programar paros por lavado.

- Programar mantenimiento preventivo.
- Tomar decisiones de modernización.
- Tiempo de actualización de la información.
- Datos confiables sin pérdida de información.
- Menor dependencia del personal.

1.2 Solución seleccionada

Como solución a este problema se implementó un sistema de adquisición de códigos de paro con la capacidad de actualizar automáticamente una base de datos y calcular la eficiencia operativa diaria de la línea 2 de salsas oscuras. Además cuenta con información útil para observar la operación de la máquina y problemas mecánicos ó eléctricos. Se seleccionó un panel de operador Panel View Plus 400 y un controlador micrologix 1500 LRP serie C cuyo montaje se realizó en un gabinete para aplicaciones industriales, todos estos enlazados a una base de datos MS Access en un computador remoto, del cual se extraen los datos para calcular la eficiencia productiva en una aplicación programada en Visual Basic 6.0.

Capítulo 2. Meta y Objetivos

2.1 Meta

Implementar un sistema automático de actualización de información en la línea de salsas oscuras, de tal forma que códigos de paro y sus causas se adquieran instantáneamente con el fin de mejorar la eficiencia en la producción.

2.2 Objetivo general

Implementar un sistema electrónico que actualice la información instantáneamente, alertando sobre problemas eléctricos y mecánicos en la línea de salsas oscuras.

2.3 Objetivos específicos

2.3.1 Objetivos de Hardware

1. Implementar una lógica electrónica que sea capaz de establecer con precisión el momento de paro en el proceso productivo.
2. Construir una interfaz capaz de comunicar diferentes dispositivos electrónicos a un computador remoto.
4. Construir un sistema visual amigable a los operarios.
5. Construir un sistema de detección de paro por medio de la selección de los sensores más adecuados.
6. Evaluar diferentes protocolos para la transmisión de información.
7. Implementar un sistema de comunicación entre el módulo de recolección de paro y un computador remoto.
10. Investigar y colocar sensores en puntos críticos de la línea de salsas oscuras.
11. Investigar y recomendar dispositivos de transmisión inalámbrica.

2.3.2 Objetivos de Software

1. Implementar un sistema que permita muestrear dispositivos electrónicos conectados al computador.
2. Desarrollar un programa que calcule la eficiencia de la línea en un ordenador.
3. Implementar un procedimiento para identificar los diferentes códigos de paro.
4. Desarrollar un sistema que contabilice y corrobore el tiempo de paro de una línea.
5. Implementar un protocolo de comunicación que enlace un computador con el módulo de detección de paro.
6. Programar un sistema para realizar cálculos de eficiencia en la línea de salsas oscuras.

2.3.3 Objetivos de documentación

1. Confección de manuales técnicos adecuados.

2.3.4 Objetivos de implementación.

1. Implementar un sistema electrónico que permita determinar el paro del proceso productivo en la línea de salsas oscuras.
2. Construir una interfaz que comunique un computador con la maquinaria de producción de salsas oscuras.
3. Construir un sistema amigable con el operario.
4. Implementar un sistema de transmisión de información.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Descripción del sistema o proceso por mejorar

La planta de UNILEVER de Centro América se ubica en San Antonio de Belén, cuenta con aproximadamente 1000 empleados, y se dedica a la producción de alimentos como salsas LIZANO y sofritos NATURAS, mayonesa HELLMANNS, mostaza, mayonesa y frijoles LIZANO, sazónador KNORR, bebidas LIPTON, entre otros. Así mismo produce en otros países productos los cuales importa y distribuye en Costa Rica como los son artículos para el cuidado personal bajo las marcas de SEDAL y cremas POND`S, así como detergentes RINSO y XEDEX.

El proyecto se realizó en coordinación con el departamento de mantenimiento industrial y TPM (Mantenimiento Productivo Total). El departamento de mantenimiento se encarga de la revisión de equipos, y solución de problemas mecánicos en toda la planta. TPM coordina los mantenimientos preventivos con la información recolectada en las hojas para los códigos PAMCO.

El proceso de producción de salsas oscuras se puede delimitar en dos etapas, la primera inicia una vez que se tienen pesados y escogidos los ingredientes, estos se pasan a un tanque donde se mezclan con melaza y almidón, seguidamente se procede a su cocimiento. Como precaución se verifica que las concentraciones de ingredientes sean las adecuadas; de no ser así se toman las medidas correctivas. La mezcla cocinada y lista se pasa a los tanques de almacenamiento.

La segunda etapa inicia con el llenado de las botellas, las cuales son movilizadas por medio de una banda transportadora donde son tapadas, etiquetadas, selladas y empacadas.

En la figura 3.1.1. se muestra el procedimiento de producción de salsas oscuras:

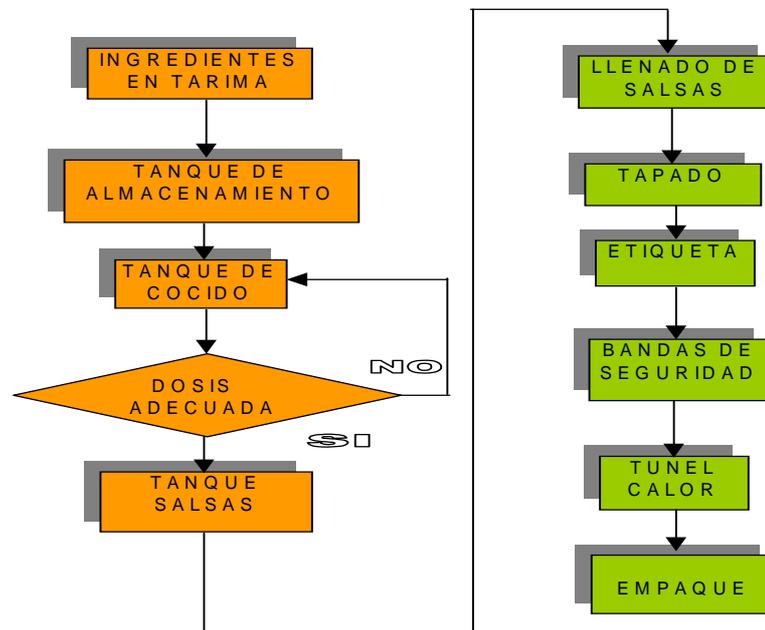


Figura 3.1.1. Diagrama de flujo de producción de salsas oscuras.

En la línea de embotellado como en muchas otras partes de la planta se realiza la operación de recolección de paros productivos, un encargado recolecta boletas alrededor de toda la planta e inserta la información a la base de datos de la empresa.

Las tablas 3.1.1 y 3.1.2 muestra el formato de las boletas utilizadas para recolectar los eventos, el llenado correcto de las mismas es una operación de suma importancia para observar el comportamiento de la línea productiva. No siempre se anota el tiempo real fuera de producción, ni se toma en cuenta todos los paros productivos. Además de este inconveniente se debe pasar por el tedioso trabajo de recolectar cada boleta e ingresarla a la base de datos, lo que genera una enorme pérdida de tiempo y recursos.

Tabla.3.1.1.Hoja control de pérdidas y eficiencia PAMCO 1

| 3º TURNO | | | EQUIPO (CÓDIGO) | SUB CONJUNTO (CÓDIGO) | OBSERVACIONES |
|-----------------|---------------|-------------------|----------------------|-------------------------------|---------------|
| Hora Inicio | Hora Final | Código Pérdida | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Tabla.3.1.2.Hoja control de pérdidas y eficiencia PAMCO 2

| 1º TURNO | Código | Producto | Hora Inicio | Hora Final | # Empleado | Cantidad de Cajas | Velocidad (pieza/min) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------|-------------|------------|------------|-------------------|-----------------------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2º TURNO | Código | Producto | Hora Inicio | Hora Final | # Empleado | Cantidad de Cajas | Velocidad (pieza/min) |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 3º TURNO | Código | Producto | Hora Inicio | Hora Final | # Empleado | Cantidad de Cajas | Velocidad (pieza/min) |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| PERDIDAS DE MATERIALES Y PRODUCTO | TIPO | | 1º Turno | 2º Turno | 3º Turno | | |
| | Laminado (kg) | | | | | | |
| | Sello Seguridad (kg) | | | | | | |
| | Corrugado (unidad) | | | | | | |
| | Display (unidad) | | | | | | |
| | Etiquetas (Kg) | | | | | | |
| | Etiqueta Cuello Horix (Kg) | | | | | | |
| | Envase (unidad) | | | | | | |
| | Tapas (kg) | | | | | | |
| | Producto (kg) | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

3.2. Antecedentes Prácticos

El mantenimiento productivo total es un plan que tienen muchas empresas para mejorar la producción; básicamente se establece una lista de códigos utilizados para medir la efectividad de las máquinas constantemente. En la actualidad UNILEVER de Centro América realiza todos los reportes destinados a medir la eficiencia de manera manual; muchas veces los operarios no diferencian los eventos y su significado lo que da información errónea. Como resultado de esta situación el encargado debe suponer posibles fallas mecánicas en un determinado paro productivo para que los datos coincidan con la productividad real.

3.3. Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema.

El problema es el manejo de la información que trae repercusiones económicas a la empresa. Se visualizó el punto clave que determina la operación normal o paro productivo en la máquina, seguidamente se realizó una búsqueda de las herramientas electrónicas necesarias para adquisición y manejo de bases de datos, permitiendo una mayor versatilidad en la manipulación de la información.

El sistema desarrollado tiene integrados aspectos electrónicos que abarcan el área de la teoría de sistemas digitales y estructuras de controladores, en donde se aplicó conceptos relacionados con las características eléctricas y lógicas de los controladores a utilizados, así como de los procesos de adquisición de datos y protocolos de comunicación.

En lo que concierne a la parte computacional, es importante realizar el estudio de bases de datos, para poder llevar la implementación del archivo que permita mantener la información que se obtiene de los diferentes paros almacenados en la computadora. También, se tiene en el proyecto los principios concernientes a la parte de comunicaciones eléctricas en donde se introducen aspectos de la modulación y transmisión de señales para recomendar equipos de transmisión inalámbricos.

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

Etapas del método de diseño en ingeniería

4.1 Reconocimiento y definición del problema

El problema fue identificado una vez recopilada la información del proceso productivo de la empresa, se comprendió como se maneja la información y la importancia de la misma en las decisiones administrativas, mantenimiento y productivas. Además, se realizaron diversas entrevistas a encargados de recolección y análisis de tiempos de paro y quiebra en toda la empresa, que explicaron más detalladamente el procesamiento de la información.

4.2 Obtención y análisis de información

Se realizaron entrevistas de campo con diferentes operarios y encargados de supervisión para entender los alcances del proyecto; por ejemplo, mejorar el mantenimiento preventivo. Se efectuaron búsquedas en Internet de diferentes tecnologías electrónicas que faciliten la puesta en marcha del proyecto.

4.3 Evaluación y síntesis de la solución

Se planteó el uso de diferentes tecnologías para el procesamiento de la información, además de evaluar el costo de cada implementación y ventajas de ellas. A su vez se implementó un sistema que facilitara la comunicación con las diferentes líneas productivas; para esto es necesario conocimiento en electrónica. La búsqueda de tecnología para concretar la interface operario máquina se basó en dispositivos que faciliten la obtención y distribución de los datos, además que resistan las condiciones de trabajo del medio industrial.

4.4 Implementación de la solución

Para efectos de proyecto de graduación se implementó un prototipo del sistema en la línea de salsas oscuras con la tecnología explicada más adelante. Se realizaron pruebas para determinar si los factores considerados previamente son suficientes para generar un indicador de paro y ajustar el control para una correcta puesta en marcha.

4.5 Características del proceso de diseño incorporadas al proyecto

4.5.1 Descripción de las características de diseño presentes en el proyecto

Tabla 4.5.1 Elementos integrados en el proyecto

| Aspecto | Descripción |
|---------------------------|---|
| Matemática | Se utilizan conceptos matemáticos intermedios para realizar cálculos de eficiencia y estadística. Conceptos matemáticos avanzados para la etapa de comunicaciones eléctricas. |
| Ciencias básicas | Se requiere conocer conceptos físicos para los parámetros de movimiento. |
| Ciencias de la ingeniería | Se requiere conceptos de ingeniería electrónica en las ramas de controladores, electrónica de potencia, sistemas digitales, comunicaciones eléctricas para las transmisiones de datos, y control para la detección del paro. Se requieren conceptos de estadística aplicada a la producción que permitan concluir sobre los datos obtenidos. |
| Estudios complementarios | Se requiere la realización de estudios complementarios, en el manejo de información con códigos PAMCO e Ingeniería en producción industrial. |

Tabla 4.5.2 Limitaciones de desarrollo del proyecto

| Aspecto | Descripción |
|------------------------------|---|
| Estándares | El proyecto estuvo sujeto a cumplir con las normas de producción y calidad establecidas por UNILEVER. |
| Aspectos legislativos | El proyecto no está sujeto a regulaciones legislativas. |
| Factores interdisciplinarios | El proyecto debió estar sujeto a las normas establecidas por UNILEVER en los aspectos de seguridad ocupacional e higiene ambiental. |

Tabla 4.5.3 Características del proceso de diseño del proyecto

| Aspecto | Descripción |
|---------------|---|
| Creativo | El sistema desarrollado requiere de innovación, debido a la necesidad de adaptar una línea productiva de mucha antigüedad. |
| Iterativo | Cada una de las etapas para su desarrollo requirió una gran cantidad de pruebas de simulación y corrección para obtener el prototipo final. |
| Final abierto | Este proyecto ofrece la posibilidad de implementar el prototipo para incluirlo como parte integral del proceso de recolección de datos. Además, presenta la posibilidad de conocer de forma real el tiempo productivo efectivo, y se proyecta su implementación en otras líneas de producción de la planta. |

4.5.2 Aporte del estudiante al proyecto

Este proyecto requiere que la totalidad de su realización sea efectuada por el estudiante aplicando conocimiento en ingeniería, para asegurar la confiabilidad de la información, además de agilizar e innovar un proceso obsoleto, con deficiencias que provoca demoras y falta de precisión para la toma de decisiones.

4.5.3 Transferencia de tecnología

Una vez finalizado el proyecto se tendrá un prototipo capaz de recopilar información de campo automáticamente con el objetivo de reducir el error introducido por el procedimiento empleado actualmente.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución (Explicación del diseño)

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Inicialmente, se planteó un modelado matemático de la etapa del carrusel (etapa donde se llenan por medio de boquillas las botellas que contienen la Salsa Lizano); se establecieron las relaciones de movimiento indicadoras del buen funcionamiento de la máquina. Para llevar a cabo esa implementación serían necesarios sensores para mediciones de corriente y voltaje del motor del carrusel, así como la manipulación del sistema eléctrico de la máquina. Esta opción sería adecuada para conocer el problema específico y su detonante. Lamentablemente fue descartada porque conlleva un costo elevado; además, a causa de un cambio en la gerencia, UNILEVER decidió no someter la línea a la manipulación de sus sistemas eléctricos ó mecánicos para no comprometer la cantidad de producto necesario para la época de fin de año, por otro lado el mayor interés de UNILEVER es la determinación del paro productivo, de forma que se reevaluó el diseño sin comprometer los objetivos planteados.

Con un estudio de todas las etapas de la línea se confeccionó codificación adecuada para conocer el funcionamiento según puntos de control mecánicos. Por medio de un punto clave que marca el ritmo de la máquina es posible determinar la presencia, finalización y duración del paro productivo, dando como resultado un sistema económico y más al alcance de los requerimientos actuales y reales.

En la selección de las herramientas tecnológicas se consideró como mejor opción el uso de controladores lógicos por sus características físicas, ya que brindan un excelente desempeño en la industria. Existen diferente tipos de familias de controladores; se optó por el uso de la familia micrologix de Allen Bradley aprovechando el convenio en cuanto a los precios, que existe por parte del distribuidor con UNILEVER, además de poseer dos licencias para los paquetes de software RSLogix y RSStudio con los cuales se programó el controlador y el panel de operador respectivamente. Otro factor importante por considerar fue el tiempo de adquisición del equipo. Por ejemplo, mientras para adquirir el micrologix 1100 (cuyas características facilitan la conexión por ethernet) se debía esperar aproximadamente 2 meses o más, el micrologix 1500 (no permite conexión a Internet, al menos que se utilice un convertidor AIC+) estaba de manera inmediata

a completa disposición. La plataforma de cálculos de eficiencia requería del muestreo de diferentes dispositivos conectados a un computador. Por medio del software RSSQL se enlazaron los registros del controlador con la base de datos, lo más importante es que para el caso de WINDOWS XP la programación del RSSQL permite muestrear una cantidad mayor de 10 elementos conectados, ya sea a una red ethernet o vía RS – 232. Por último se utilizó Visual Basic 6.0 para los cálculos y generación de reportes.

La base de datos construida en Microsoft Access puede ser conectada con el SQL homologado de la empresa (Etapa posterior a la finalización de este proyecto).

Las características del proyecto generan la necesidad de colocar sistemas de transmisión de información ya sea RS – 232, directamente vía *ethernet* o redes ethernet inalámbricas (por cuestiones de presupuesto y de disposición del equipo se implementó con RS - 232); responsables de distribuir los códigos PAMCO por medio de un computador colocado en un punto estratégico. Este realiza un muestreo de la línea de producción atendiendo peticiones, por ejemplo actualización de la base de datos como se observa en la figura 5.1.1, figura ilustrativa del sistema instalado en el futuro en varias líneas.

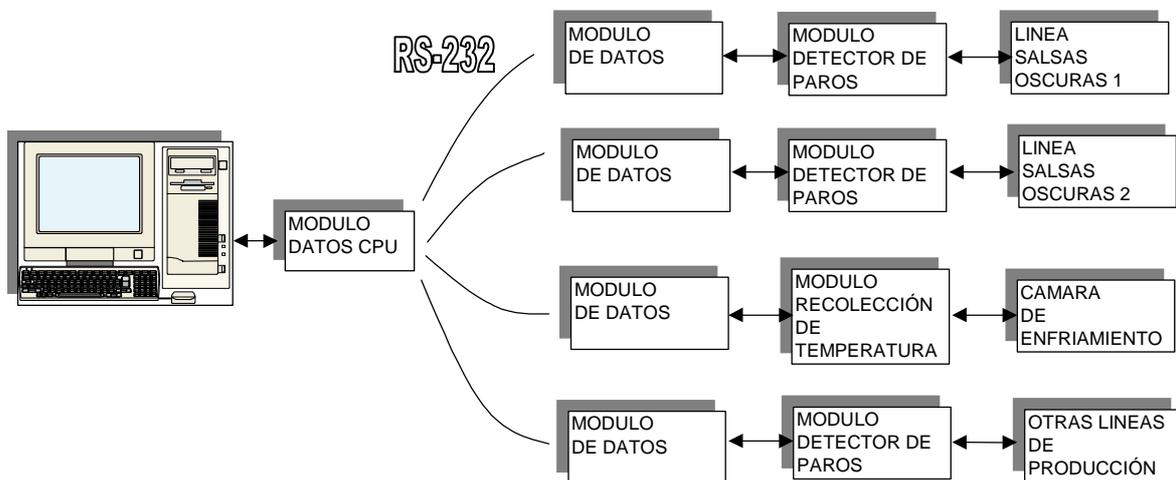


Figura 5.1.1. Diagrama de bloques para el prototipo de reportes de código de paro proyectado

En la línea una interfaz construida con un panel de operador “Panel view 400 plus” facilita al operario el ingreso de los códigos de paro, posteriormente

despliega en la pantalla información útil para asegurar la validez de los datos obtenidos. Como se observa en la figura 5.1.2 el controlador lógico por medio de dos sensores instalados en la etapa de la línea ubicada entre la llenadora y la tapadora de botellas, detecta el paro productivo. Seguidamente el operario debe ingresar la información del código de paro en el *panel view plus 400*.

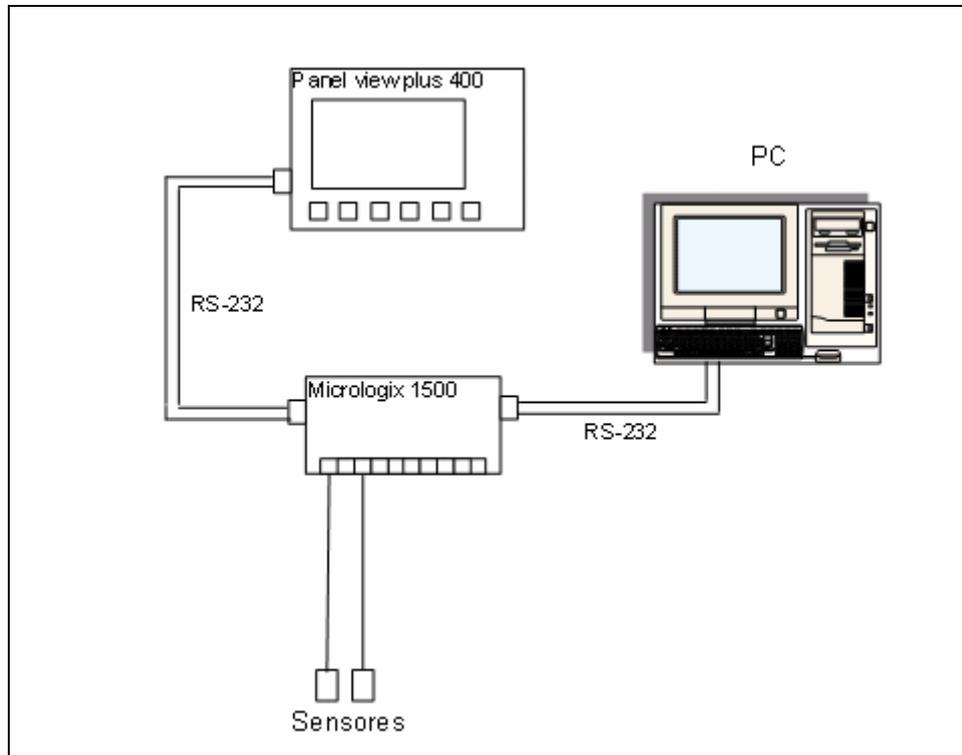


Figura 5.1.2. Diagrama de bloques para el prototipo de reportes de código de paro implementado en el proyecto.

El sistema colocado en las líneas de producción (conformado por *el micrologix 1500* y el *panel view plus 400*) debe realizar un monitoreo por medio de puntos de control mecánicos que sean indicadores del buen funcionamiento de la máquina; pero, en este caso debido a la falta de presupuesto en vez de colocar una serie de sensores, se realizó una investigación exhaustiva de cada uno de los puntos mecánicos claves y se obtuvo la tabla 5.3.3 de la sección descripción de software.

Funciones de los módulos

Módulo datos CPU

Se encarga de recibir la información vía *RS - 232* en las diferentes líneas (en este caso solamente la línea 2 de salsas oscuras). Este módulo tiene la

capacidad de sincronizar el acceso a las diferentes líneas de modo que se eviten las colisiones; esto se logra por medio de la programación de una plataforma RSSQL instalada en el computador.

En la comunicación se utiliza un protocolo de conversión de datos de RS links a ODBC. Básicamente, el RSSQL establece comunicación y transfiere la información del *módulo datos y recolección* de paros a una base de datos elaborada en Microsoft Access.

Módulo de datos y detector de paros

Es un enlace de comunicación entre operario y máquina ubicados en la planta, con la base de datos en un computador remoto.

Para identificar los diferentes códigos de paro se hizo uso de la información introducida por el operario en un panel de operador "Panel view plus 400"; éste fue programado con el Software RSStudio edición Maquina.

La detección del paro productivo se realizó basándose en el flujo de botellas en la etapa que va desde la llenadora hasta la tapadora. El análisis de la máquina observado en la tabla 5.3.3. generó un ahorro económico al no tener que colocar sensores en todas las etapas de la línea. Su desventaja radica en la no eliminación de la dependencia del operario. El dispositivo que conecta el panel del operador con la línea productiva y el computador está conformado por un controlador lógico programable Micrologix 1500 con comunicación puerto serie y Real Clock Timer programado con el Software RS logix.

Análisis de la información.

Por medio del lenguaje de alto nivel Visual Basic 6.0, se efectuó un sistema centralizado de monitoreo para dispositivos electrónicos conectados al puerto de comunicaciones COM2 de la PC. Para los códigos PAMCO se realizaron cálculos de eficiencia productivos. La pantalla de visualización virtual de la línea productiva consta de una tabla donde se muestran los parámetros mecánicos que indican en qué parte de la línea se dieron los problemas.

5.2 Descripción del hardware

En el anexo A5 se muestra un diagrama eléctrico del sistema. El sistema físico se mostró en la figura 5.1.2. y consta de las siguientes etapas explicadas a continuación:

- **Panel View Plus 400:**

Panel de operador utilizado para comunicarse con el operario por medio de señales visuales; éste permite la introducción de las posibles causas de paro sin errores y de una manera agradable, este dispositivo cuenta con un puerto de comunicaciones serie utilizado para la comunicación del mismo con el controlador lógico, además de otro puerto de conexión vía ethernet por donde se le descargó la programación. La comunicación con el controlador con el panel se realizó vía puerto serie.



Figura.5.2.1.Panel de operador Panel View 400 plus

El “Panel View Plus 400” es una interfaz diseñada para uso en aplicaciones de control industrial, donde la interacción entre el operario y el proceso industrial es necesaria.

En la tabla 5.2.1 se muestra las características del panel de operador:

Tabla 5.2.1. Características del panel de operador.

| Características: | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Tipo de Display | 4" Mono FSTN 32 level greyscale |
| Formato | Gráfico / Texto |
| Tamaño del display | 78 x 59 |
| Resolución (píxeles) | 320 x 240 píxeles |
| Background luz brillo | Software |
| Teclas de función | 8 Teclas de función |
| Real time clock | Battery backup |
| Opciones de memoria | 32M Flash/64M RAM |
| Memoria externa | Compact Flash |
| Puerto de comunicaciones | RS232 and 1USB |
| Otros puertos | Opcional Ethernet, DH485 |
| Drivers (Serial & Ethernet) | Todo tipo de controladores |
| Requerimientos de alimentación | 18 - 30vdc |
| Consumo de potencia | 25 watts |
| Programación | RSView Studio |
| Temperatura de operación | 0-55C |
| Humedad | 5 - 95% sin condensado |
| Estándares | IP65, NEMA 12, 13 4X |
| Certificaciones | CE, cUL, UL listed |
| Dimensiones externas | 123 x 156 |
| Bitmaps/ Objetos gráficos | Sí |
| Alarmas | Sí |
| Animación gráfica | Si |
| Hilos | Sí, máximo 8 |
| Almacenamiento de datos | 300,000 puntos |
| Expresiones | Logicas y matemáticas |
| Seguridad | Si, nombre de usuario y password |

- **Controlador Micrologix 1500:**

Consta de 12 entradas digitales, 12 salidas en corriente alterna y fuente de poder de 24 V corriente directa; una de estas salidas se utilizó para colocar una luz piloto para indicación de paro. Se usó una entrada digital para determinar el paro productivo, otra para determinación de velocidad en piezas por minuto. Este dispositivo cuenta con un puerto de comunicaciones serial para comunicarse con dispositivos periféricos o con el computador.

En las aplicaciones industriales a veces es necesario remover el equipo, por esta razón se escogió este modulo ya que no se necesita un chasis de entradas / salidas. Las características del controlador se muestran a continuación:

1. Entradas / salidas expansibles:

Se pueden agregar cerca de 8 o 9 módulos de la serie 1769 y de esta forma aumentar la capacidad de monitoreo de la línea.

2. Alta velocidad de funciones de entrada y salida:

Especial para aplicaciones de monitoreo de movimiento sin necesidad de un procesador más costoso.

3. Capacidad de comunicación con RS-232, DeviceNet y DH485:

Posee la capacidad de conectarse vía RS-232 a redes DH485 o DeviceNet a través de una interfase opcional AIC+, además este puerto soporta protocolos DF1 Full y half – duplex.

4. Comunicaciones:

DeviceNet: Se puede conectar el controlador micrologix 1500 a una red DeviceNet con más de 64 dispositivos a través de una interfase DeviceNet (número de catálogo 1761-NET-DNI), esta red permite controlar entradas y salidas esclavas, además carga y descarga del programa.

DH485: Se puede conectar el sistema micrologix 1500 a una red DH485 por medio de un convertidor de interfase avanzado 1761-NET-AIC. La red DH485 permite conectar más de 32 dispositivos.

RS232: Soporta protocolos DF1 full-duplex y half-duplex e intercambio de información de equipo a equipo.

5. Base de entradas salidas 1764-24BWA: 12 entradas de 24 voltios DC, y 12 salidas, con fuente de alimentación de 24 V DC.

En la tabla 5.2.2. se mostró las especificaciones técnicas:

Tabla. 5.2.2. Especificaciones técnicas de la base de entrada / salidas.

| Catálogo | Cantidad de entradas/salidas | Alimentación AC | Salida de alimentación (DC) | Entrada (DC) | Circuito de salida |
|------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
| 1764-24BWA | 12-Entradas 12-Salidas | 85V a 265V | 24V a 400mA, 400uF max. | 24V | Relay |

Ventajas del procesador Micrologix 1500 1764-LSP:

Provee 7.65K palabras de memoria configurable por el usuario, además un módulo adicional puede ser utilizado como medio de Backup 1764-MM1.

El programa y los archivos de información son configurables por el usuario. El máximo de palabras es de 4K, con archivos ejecutables de 4.35K.

- **SM312W:**

Se utilizaron dos sensores modo-difuso con alimentación de 24 voltios y cuyo objetivo es la determinación del paro productivo, configuración física observada en la figura 5.2.2.

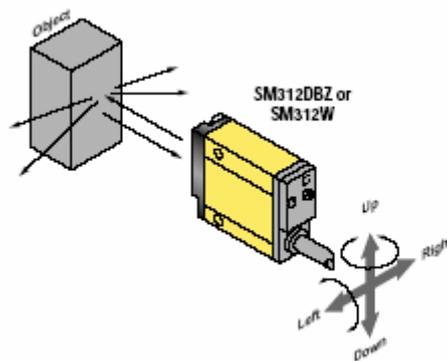


Figura.5.2.2.Sensor “Mini-Beam” modo difuso

Características:

1. Compacto, modulado, sensor de ángulo ancho de proximidad difusa de 10-30V DC.
2. SM312W ángulo ancho (divergente), rango de 125 mm; Ideal para rangos cercanos para objetos transparentes o translucidos, u objetos pequeños.
3. El acrílico del opto-elemento es bastante liso lo que lo hace ideal para los requerimientos de plantas alimenticias.
4. Switch para seleccionar operación en luz o sombra.
5. Respuesta de 1 milisegundo.

- **Cable de comunicaciones controlador – PC:**

Se conectó el controlador con la PC vía puerto serie, otra opción era utilizar ethernet por medio de un controlador Micrologix 1100 ó un AIC (Conector de interfaz avanzado), pero para efectos de prueba el puerto serie funciona bien, con una limitación de la distancia entre el ordenador y el controlador de 15 metros.

- **El puerto serie RS-232:**

Presente en todos los computadores, es la forma mas comúnmente usada para realizar transmisiones de datos. Se utilizó la versión de 9 pines DB-9. Las señales con las que trabaja este puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. Las más importantes son:

Tabla.5.2.3 Función de pines de puerto RS-232

| Pin | Función |
|------------|---------------------------|
| TXD | (Transmitir Datos) |
| RXD | (Recibir Datos) |
| DTR | (Terminal de Datos Listo) |
| DSR | (Equipo de Datos Listo) |
| RTS | (Solicitud de Envío) |
| CTS | (Libre para Envío) |
| DCD | (Detección de Portadora) |

El RS-232 puede transmitir los datos en grupos de 5, 6, 7 u 8 bits, a una velocidad determinada (en este caso 9600 bits por segundo). Una vez que ha comenzado la transmisión de un dato, los bits tienen que llegar uno detrás de otro a una velocidad constante y en determinados instantes de tiempo. Tanto el aparato por conectar como el computador (o el programa terminal) tienen que usar el mismo protocolo serie para comunicarse entre sí.

Tabla 5.2.4 Tabla con los parámetros definidos para el protocolo de comunicación entre los módulos del sistema de comunicación.

| Parámetro | Dimensión |
|---|------------------|
| Velocidad de la comunicación (Baud Rate) | 9600 bps |
| Paridad | Ninguno |
| Bits de Datos | 8 |
| Bits de Parada | 1 |

- **Computador personal:**

Con dos puertos de comunicaciones serie y tarjeta de conexión a red, además con el *WINDOWS XP Profesional* edición corporativa con *Servis Pack 2*.

5.3 Descripción del software

- **Rslogix Starter:**

Se programó todo lo referente al controlador, que incluye todas las rutinas de adquisición de datos, cálculo de velocidad, cuenta de piezas por minuto, tiempo de inicio y finalización del paro productivo y clasificación de la información necesaria para el posterior cálculo de la eficiencia productiva. Inicialmente el controlador debe cargar todas las tablas de información que contienen los diferentes códigos de paro obtenidos recientemente así como el subconjunto de la línea que está presentando el problema, también velocidad de la línea en piezas por minuto, cantidad de botellas acumuladas, tiempo inicial y final del paro productivo. El controlador mantiene comunicación con el panel de operador y con la computadora constantemente por medio de variables usadas para cargar datos de turno ó paros, y señales visuales para la indicación de un paro productivo, la figura 5.3.1 muestra la secuencia de adquisición de datos. La lógica con la cual el controlador trabaja también responde a la secuencia de pantallas mostradas en el panel de operador, cuando los sensores encuentran inconsistencias en el flujo de botellas el controlador se va a paro productivo, el siguiente paso es la obtención de los datos introducidos por el operario para enviarlos posteriormente a la base de datos.

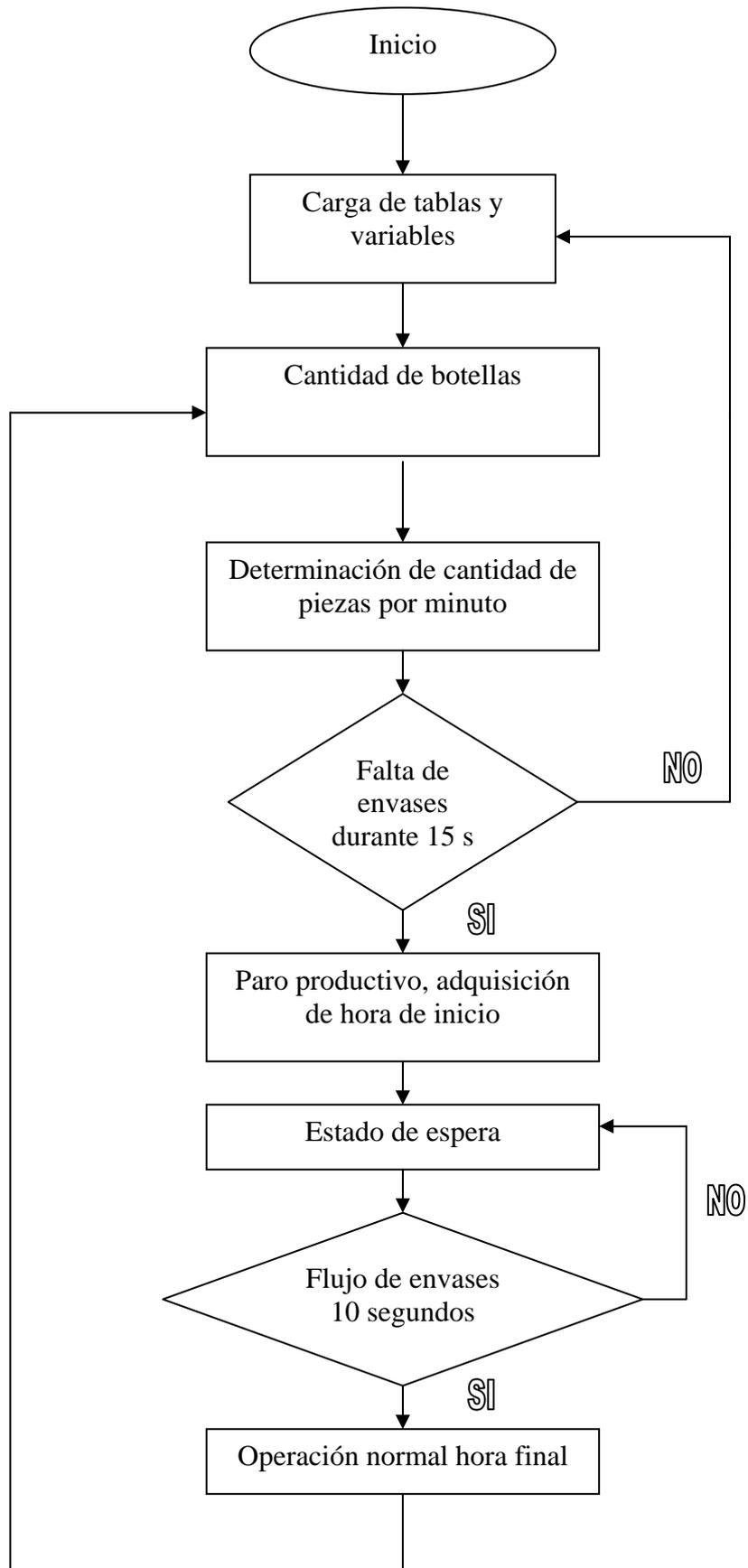


Figura 5.3.1. Diagrama de flujo del controlador

- **RSStudio edición máquina:**

En el se programó todo lo referente al panel de operador. Las pantallas de comunicación con el operario brindan un flujo de los pasos y lógica del programa para adquirir los datos.

La figura 5.3.2 muestra el sistema operando normalmente, cuando ocurre un paro productivo el controlador le indica al panel que señale la opción 1 “PARO PRODUCTIVO” y opción 2 “NO SE HA ENVIADO CODIGO”. Al reestablecerse la operación normal, la opción 1 vuelve a señalar “OPERACIÓN NORMAL”, pero la opción 2 continúa en “NO SE HA ENVIADO CODIGO” por lo cual se debe acceder por medio de la tecla F1 del panel para ingresar los datos solicitados:



Figura 5.3.2. Pantalla inicial del panel de operador

En la figura 5.3.3 por medio de las funciones del panel (F1, F2, F3, etc) se selecciona cada uno de los datos a ingresar, estos son escritos directamente en los registros del controlador para luego ser enviados a la base de datos, con la función F6 se vuelve a 0 la cuenta de botellas. En la pantalla se observa un aproximado de la cantidad de botellas y la velocidad en piezas por minuto, una vez que se ingreso la información se selecciona (F8) para confirmar. El orden en el cual se presentan las pantallas es jerárquico, guiando al usuario en los parámetros que debe insertar para documentar el paro productivo.

| CAMBIO DE TURNO(F6) | | <u>DATOS DE TURNO</u> | |
|-------------------------|-----|-----------------------|----------------|
| CODIGO DE PRODUCTO (F1) | | 65 | |
| NUMERO DE EMPLEADO(F2) | | 65 | |
| CAJAS(F3)# | 32 | | |
| VELOCIDAD (PM) | 36 | | VOLVER(F4) |
| ESTIMADO DE BOTELLAS | 237 | | CONTINUAR (F8) |

Figura 5.3.3. Pantalla del panel de operador 1

En la figura 5.3.4 se procede igual que en el caso anterior, una vez que se tiene certeza de que los datos fueron ingresados correctamente se selecciona “ENVIAR” con (F7) que es una señal tanto para el controlador como para el RSSQL para cargar la base de datos. Seguidamente se selecciona “CONTINUAR”:

| LINEA | | SALSAS OSCURAS No. 2 | |
|-----------------------------|--|-------------------------|--|
| HORA INICIO (F1) | | 8 | |
| HORA FINAL (F2) | | 13 | |
| TURNO # (F4) | | 1 | |
| ENVIAR(F7) | | VOLVER(F6) | |
| LIMPIAR CODIGOS DE PARO(F5) | | CONTINUAR (F8) | |

Figura 5.3.4. Pantalla del panel de operador 2

Se puede seleccionar una de las diferentes opciones de la codificación de códigos PAMCO mostrados en la figura 5.3.5, ó ya sea su clasificación como paro “INESPERADO”, “RUTINA” o “PARO PROGRAMADO”.

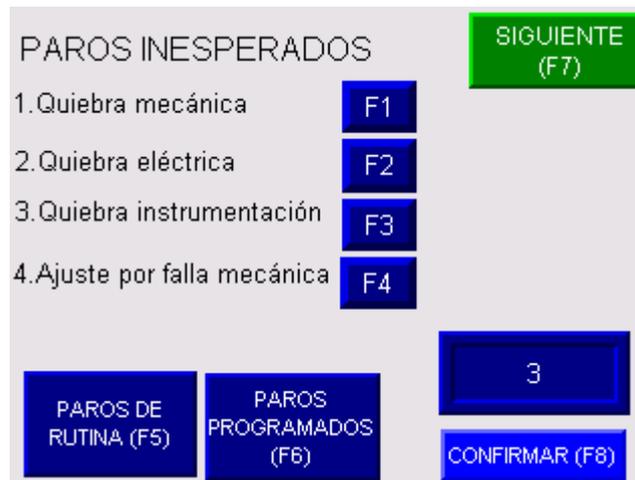


Figura 5.3.5. Pantalla del panel de operador 3

La pantalla 5.3.6 muestra la clasificación de paros de rutina que es seleccionada de la pantalla principal, estos paros usualmente son completamente normales en la operación de la línea productiva y no representan un mayor porcentaje en la generación de los paros productivos.



Figura 5.3.6. Pantalla del panel de operador 4

La pantalla 5.3.7 es otra clasificación para paros programados, que usualmente son decididos de forma administrativa para mejorar los procesos productivos. Fue necesario incluirlos por que permiten un mejor manejo de asuntos necesarios y obligatorios en planta, y además son medios de control del proceso. Esto permite conocer si las decisiones tomadas a un nivel administrativo son justificables para mejorar la productividad.



Figura 5.3.7. Pantalla del panel de operador 5

Una vez insertado el respectivo código de paro lo siguiente es seleccionar la etapa de la línea, como se mostró en las figuras 5.3.8, 5.3.9 y 5.3.10:



Figura 5.3.8. Pantalla del panel de operador codificación equipos 6



Figura 5.3.9. Pantalla del panel de operador codificación equipos 7



Figura 5.3.10. Pantalla del panel de operador codificación equipos sopladora 8

En el caso anterior se seleccionó la etapa de la sopladora con el subconjunto mecanismo de giro de botella.

En la figura 5.3.11 nuevamente aparece una tecla para enviar información, esta llena otra base de datos referente a la información de códigos de paro y tiempos.

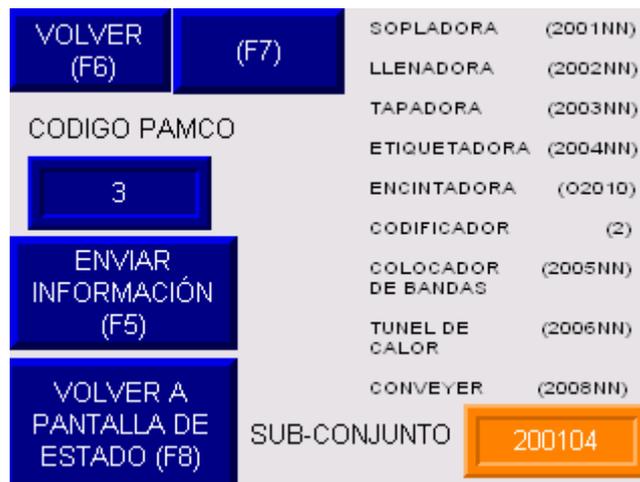


Figura 5.3.11. Pantalla del panel de operador final 9

- **Base de datos en MS Access:**

La selección de la base de datos estuvo relacionada a la tecnología con licencia disponible, además de ser una herramienta de fácil manejo para personas sin entrenamiento. La información fue enviada del controlador al computador remoto por medio de RsLinx utilizando el protocolo serie DF1 del controlador; y de RsLinx a la base de datos empleando el protocolo DDE. Posteriormente, por medio de visual Basic se recorrieron los diferentes campos de las tablas de Access, presentando gráficamente la información, permitiendo obtener una visión más acertada de funcionamiento.

Datos necesarios para la visualización del funcionamiento de la línea.

Los datos desplegados en la tabla 5.3.1 se obtienen a partir de una clasificación de la tabla 5.3.2. Los tiempos de operación y eficiencia se calculan de la siguiente manera:

- Tiempo operacional: Tiempo total utilizado por la línea –Tiempo planificado sin producción.
- Tiempo productivo: Tiempo operacional – Tiempo rutinario previstas
- Tiempo efectivo: Tiempo productivo – Tiempo imprevisto.
- Eficiencia operativa: Tiempo efectivo / Tiempo operacional.
- Eficiencia productiva: Tiempo efectivo / Tiempo productivo.

La tabla 5.3.1 es tomada a partir de la tabla 5.3.2 y es utilizada para realizar cálculos por medio de Visual Basic. Con anterioridad la única forma de identificar los paros productivos era por medio de comentarios escritos a mano por los obreros, esto acarreaba la presencia de errores de precisión ya que algunas de las descripciones eran muy generales. Con el correcto entrenamiento a los operarios se garantizaría la validez de la información, en otras palabras este sistema es un medio para ayudar a estandarizar el lenguaje técnico en planta.

La base de datos en MS ACCESS permite observar la estructura que deben poseer bases de datos posteriores que deben ser construidas con software más sólidos como el InSQL, ORACLE, o MSSQL.

Tabla 5.3.1. Tiempos necesarios para el cálculo de eficiencia.

| | |
|---|---|
| <p>Tiempo Planificado sin Producción</p> | <p>Mantenimiento Prog. / Modificaciones programados Falta conocida de materiales-servicios o personal Pruebas Capacitaciones / Charlas 5 min Desfase de línea Limpieza programada Otros paros planificados</p> |
| <p>Tiempo Rutinario Previstas</p> | <p>Arranques Limpieza final Limpieza de piezas Comidas y descansos Cambio de Bobina / Banda Seguridad Cambio de Formato Cambio de Producto Carga y Descarga de Producto/Material de Empaque Otros Cambios Previstos Otros Paros Rutinarios</p> |
| <p>Tiempo Imprevisto</p> | <p>1 Quiebras 2 Ajustes 3 Paros menores 4 Mat. Emp. o Prod. fuera de especificaciones 5 Falla de supervisión 6 Falla operacional 7 Falta de producto 8 Falta de material de empaque 9 Falta de personal 10 Otros faltantes 11 Limpieza por derrames 12 Velocidad Reducida 13 Otros Paros Imprevistos</p> |

Tabla 5.3.2. Definición de códigos de quiebra.

| Código | MOTIVOS DE PARADAS | Definición |
|--------|---|---|
| 1 | Quiebra mecánica | Parada IGUAL o MAYOR a 10 minutos por problemas en el equipo con cambio de piezas |
| 2 | Quiebra eléctrica | |
| 3 | Quiebra instrumentación | |
| 4 | Ajuste por falla mecánica | Parada IGUAL o MAYOR a 10 minutos por problemas en el equipo sin cambio de piezas |
| 5 | Ajuste por falla eléctrica | |
| 6 | Ajuste por falla instrumentación | |
| 7 | Pequeños ajustes | Parada MENOR a 10 minutos por problemas en el equipo |
| 8 | Material Enrollado (Enrosco) | |
| 9 | Ajuste después del cambio | |
| 10 | Vel. Reducida por deficiencia de equipo | Diferencia entre la VELOCIDAD NOMINAL y la velocidad real, por problemas en el equipo o falta de capacidad del proceso |
| 11 | Vel. Reducida por falta de capacidad de proceso | |
| 12 | Defecto de producto terminado | Parada inesperada por defectos en la calidad del producto (terminado o semi-terminado), o para retrabajo / reproceso en la línea de producción |
| 13 | Reproceso / Retrabajo | |
| 14 | Defecto de materia prima | Parada inesperada por defecto en la calidad de materia prima o material de empaque |
| 15 | Defecto de material de empaque | |
| 16 | Higienización / Recirculación (Tubería y Tanques - Interna) | Higienización: Parada para higienización o sanitización de la línea, con el objetivo de garantizar la calidad del producto |
| 17 | Limpieza (Externa) | Limpieza: parada para la limpieza del equipo, ocasionada por suciedad o derrame del proceso o del ambiente. |
| 18 | Inicio de producción (Semanal) | Parada que corresponde al tiempo total gastado para iniciar o terminar la producción |
| 19 | Fin de producción (Semanal) | |
| 20 | Cambio de producto | Parada que corresponde al tiempo entre final de producción de un producto (SKU) y el inicio de producción del próximo producto (SKU) dentro de especificaciones de calidad, y del cambio de material de empaque del mismo SKU |
| 21 | Cambio de formato | |
| 22 | Cambio de material de empaque | |
| 23 | Reducción de Velocidad por falta de personal | Parada inesperada debido a la falta de mano de obra (incluyendo parada por reducción de velocidad), reunión no programada, comida o accidente |
| 24 | Falta de personal | |
| 25 | Accidente | |
| 26 | Actividad no programada | |
| 27 | Comidas | |
| 28 | Falta de materia prima o material de empaque por problema INTERNO | Parada por falta de materiales auxiliares (plástico de paletizar, goma, tinta para jet, etc) o materia prima / material de empaque (de acuerdo con planeación de producción) |
| 29 | Falta de materia prima o material de empaque por problema EXTERNO | |
| 30 | Falta de materiales auxiliares por problema INTERNO | |
| 31 | Falta de materiales auxiliares por problema EXTERNO | |
| 32 | Falta de vapor | Parada debido a la falla en el abastecimiento de utilidades (vapor, agua, energía, aire comprimido, etc) |
| 33 | Falta de aire, agua y electricidad | |
| 34 | Comisionamiento | Parada para realización de actividades programadas como: comisionamiento, pruebas de producción, reuniones y entrenamiento, etc |
| 35 | Pruebas programadas | |
| 36 | Reuniones/ Entrenamientos programados | |
| 37 | Parada por falta de capacidad de proceso | Parada por falta de capacidad de proceso conocida |
| 38 | Mantenimiento programado | Parada para a realización de mantenimiento programado, acordado previamente con planeación |
| 39 | Desprogramación sin pedido de ventas | Parada por falta de órdenes de venta |
| 40 | Feriados/Fines de semana /Vacaciones | Parada por no disponibilidad de tiempo (Feriados / Fines de semana / Vacaciones) |

Algunos puntos de inspección para elaboración de tabla 5.3.3.

El motor de carrusel para la llenadora es mostrado en la figura 5.3.12, es uno de los puntos clave al evaluar la ocurrencia de un paro productivo.



Figura 5.3.12. Motor carrusel de la llenadora.

Marca el ritmo de trabajo de la línea 2 de salsas oscuras, el motor acoplado al carrusel de la llenadora por medio de una caja de reducción. Con el carrusel se debe relacionar el movimiento del motor con el del resto de la banda transportadora.

El motor bomba de llenado se observa en la figura 5.3.13, del correcto funcionamiento del mismo depende el no desperdicio de producto.



Figura 5.3.13. Motor bomba de llenado.

La salsa es impulsada hacia las boquillas que insertan la misma en las botellas, se debe inspeccionar que el flujo de salsa sea el adecuado para asegurar el llenado correcto de las botellas.

La figura 5.3.14 representa el carrusel de botellas, también se observan las estrellas de entrada y salida en las cuales usualmente se atorán las botellas.



Figura 5.3.14. Carrusel de botellas

Coloca las botellas en posición para insertar la salsa LIZANO, si la botella no se encuentra en la posición adecuada genera problemas por el derrame del producto terminado.

La salida de la tapadora es observada en la figura 5.3.15, que es responsable de gran cantidad de paros productivos.



Figura 5.3.15. Salida de la tapadora

En este punto deben realizarse dos inspecciones, la primera verifica que la tapa se colocó correctamente, y la segunda que no hace falta tapas en la dispensadora.

En la figura 5.3.16 se observa la posición que debe adquirir la botella para que la máquina le coloque el sello de seguridad, en muchos casos este no se coloca correctamente y provoca paros productivos



Figura 5.3.16. Salida de la selladora

El horno sellador es observado en la figura 5.3.17, Debe tener la temperatura adecuada, y así asegurar la seguridad del producto dentro de la botella hasta el momento que llegue al consumidor.



Figura 5.3.17. Horno de la selladora

Como parte de los procesos habituales se debe observar que la presentación de los productos sea la adecuada, por ejemplo que las etiquetas se encuentren en la posición correcta, que la tapa este bien colocada, la botella debe estar limpia, etc.

En muchas ocasiones la etiqueta no se coloca adecuadamente, o simplemente no se coloca, por lo cual se debe reprocesar el producto (observar figura 5.3.18).



Figura 5.3.18. Etiquetadora.

Con base a los puntos anteriores se elaboró la tabla 5.3.3, que es el producto de estandarizar los nombres de las partes de la línea y es usada por el usuario para insertar en el panel de operador el lugar específico del problema, con esto se asegura el mejoramiento de la eficiencia productiva al obtener datos más precisos de la localización del problema presentado por la línea.

En coordinación con el departamento de TPM y mantenimiento, se elaboró la tabla 5.3.3 que contiene las principales etapas mecánicas de la línea productiva de salsas oscuras. Los términos empleados son útiles para evitar colocar sensores en todas las etapas de la línea, otra ventaja es que permiten extraer el máximo de información de la maquinaria actual reduciendo el costo del prototipo.

Tabla 5.3.3. Indicadores de buen funcionamiento de la línea 2 de salsas oscuras.

| NOMBRE | DESCRIPCION |
|--|-------------------------------|
| PANEL DE CONTROL | SOPLADORA BOTTLERS |
| TORNILLO ALIMENTADOR DE ENVASES | SOPLADORA BOTTLERS |
| ESTRELLA DE ENTRADA | SOPLADORA BOTTLERS |
| MECANISMO DE GIRO DE BOTELLA | SOPLADORA BOTTLERS |
| TUBOS DE SOPLADO | SOPLADORA BOTTLERS |
| MOTOR SOPLADOR DE AIRE | SOPLADORA BOTTLERS |
| ESTRELLA DE SALIDA | SOPLADORA BOTTLERS |
| SISTEMA MOTRIZ O TRANSMISION MECANICA | SOPLADORA BOTTLERS |
| PANEL DE CONTROL | LLENADORA MRM ELGIN |
| ESTRELLA ALIMENTADORA DE ENVASES | LLENADORA MRM ELGIN |
| ESTRELLA DE ENTRADA | LLENADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA MOTRIZ O TRANSMISION MECANICA | LLENADORA MRM ELGIN |
| BOMBA DE VACIO | LLENADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA RESERVORIO CONTROL DE NIVEL | LLENADORA MRM ELGIN |
| BOQUILLAS, MANGUERAS DE LLENADO | LLENADORA MRM ELGIN |
| MANIFUL DE SISTEMA DE LLENADO | LLENADORA MRM ELGIN |
| ESTRELLA DE SALIDA | LLENADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA DE AJUSTE ALTURA DE ENVASE | LLENADORA MRM ELGIN |
| PANEL DE CONTROL | TAPADORA MRM ELGIN |
| ALIMENTADOR DE TAPAS | TAPADORA MRM ELGIN |
| TOBOGAN DE TAPAS | TAPADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA DE GOMAS Y AJUSTE DE TORQUE | TAPADORA MRM ELGIN |
| MOTOR DE GOMAS | TAPADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA DE PIÑONES DE TRANSMISION DE | TAPADORA MRM ELGIN |
| SISTEMA DE BANDAS O FAJAS Y REDUCTORES | TAPADORA MRM ELGIN |
| PANEL DE CONTROL | ETIQUETADORA ANKER |
| SISTEMA NEUMATICO | ETIQUETADORA ANKER |
| TORNILLO ALIMENTADOR DE ENVASES | ETIQUETADORA ANKER |
| CARGADOR DE ETIQUETAS | ETIQUETADORA ANKER |
| RODILLO DE ADHESIVO | ETIQUETADORA ANKER |
| TRANSMISION MECANICA DE ETIQUETAS | ETIQUETADORA ANKER |
| UÑAS Y GUIAS DE ETIQUETAS | ETIQUETADORA ANKER |
| TABLA Y BANDA DE APLANCHADO DE | ETIQUETADORA ANKER |
| PANEL DE CONTROL | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| ESTRELLA ALIMENTADORA - SEPARADORA DE | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| PORTABOBINA Y GUIAS DE FILM CABEZAL 1 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE ARRASTRE O TRACCION FILM | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| PERFORADOR LONGITUDINAL CABEZAL 1 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE CORTE CABEZAL 1 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE VACIO (BOMBA Y VENTOSAS) | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| PORTABOBINA Y GUIAS DE FILM CABEZAL 2 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE ARRASTRE O TRACCION FILM | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| PERFORADOR LONGITUDINAL CABEZAL 2 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE CORTE CABEZAL 2 | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE VACIO (BOMBA Y VENTOSAS) | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SENSORES | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |
| SISTEMA DE AJUSTE DE ALTURA DE MAQUINA | COLOCADOR DE BANDAS SEGURIDAD |

Continuación Tabla 5.3.3. Indicadores de buen funcionamiento de la línea 2 de salsas oscuras.

| NOMBRE | DESCRIPCION |
|------------------------------------|---------------------|
| PANEL DE CONTROL | TUNEL DE CALOR AXON |
| VENTILADOR Y SISTEMA DE SOPLADO | TUNEL DE CALOR AXON |
| RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO | TUNEL DE CALOR AXON |
| CONVEYOR DE MESA ALIMENTADORA DE | CONVEYER SALSAS |
| CONVEYOR DE TAPADORA - LLENADORA | CONVEYER SALSAS |
| MOTO VARIADOR DE BANDAS | CONVEYER SALSAS |
| MOTOVARIADOR DE CONVEYOR | CONVEYER SALSAS |
| CONVEYOR DE ETIQUETADORA | CONVEYER SALSAS |
| CONVEYOR EN U DESDE TAPADORA HASTA | CONVEYER SALSAS |
| CONVEYOR SALIDA DE ETIQUETADORA | CONVEYER SALSAS |
| CONVEYOR CON MESA DE EMPAQUE | CONVEYER SALSAS |
| ENCINTADORA | ENCINTADORA |
| CODIFICADOR | CODIFICADOR |

Con el análisis de esta información se genera un reporte de la eficiencia obtenida en una jornada laboral, dato que será corroborado con la cantidad de producto al final de la línea. La información debe ser actualizada constantemente a la base de datos y de esta forma permitir a las personas encargadas de su monitoreo acceder a la misma.

Diseño de la base de datos

La base de datos consta de 4 tablas creadas en MS Access:

Tabla 5.3.4. Tabla de recolección de paros

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|---------------------|----------|---------------------------|
| COD _ PAMCO | Numérico | Código de paro de 1 a 40 |
| EQ _ SUB | Numérico | Subconjunto según tabla 3 |
| TIEMPO_INICIO_HORAS | Numérico | Hora de inicio |
| TIEMPO_INICIO_MIN | Numérico | Minuto de inicio |
| TIEMPO_INICIO_SEG | Numérico | Segundo de inicio |
| TIEMPO_FIN_HORAS | Numérico | Hora de fin |
| TIEMPO_FIN_MIN | Numérico | Minuto de fin |
| TIEMPO_FIN_SEG | Numérico | Segundo de fin |
| ANNO_DIA | Numérico | Día |
| ANNO_MES | Numérico | Mes |
| ANNO_YEAR | Numérico | Año |
| ANNO_DIAFIN | Numérico | Día |

Continuación Tabla 5.3.4. Tabla de recolección de paros

| | | |
|-------------------------|-------------|--------------------------|
| ANNO_MESFIN | Numérico | Mes |
| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
| ANNO_YEARFIN | Numérico | Año |
| TURNO | Numérico | Número de turno de 1 a 3 |
| DIA/FECHA | Fecha/Hora | Fecha y hora completa |

Las tablas 5.3.4 y 5.3.5 son escritas directamente por el controlador y son utilizadas para realizar el cálculo de la eficiencia operativa directamente así como permitir al encargado de recolección de códigos de paro obtener y tabular información acerca del área de la línea que presenta los problemas así como la frecuencia de ocurrencia.

Tabla 5.3.5. Tabla de información de turno.

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|--------------------------|
| TURNO | Numérico | Numero de turno de 1 a 3 |
| COD_PROD | Numérico | Código del producto |
| NUM _ EMPLEADO | Numérico | Número de empleado |
| CAJAS | Numérico | Cantidad de cajas |
| VELOCIDAD _PM | Numérico | Velocidad de la línea |
| CUENTA | Numérico | Cantidad de botellas |
| HORA _INICIO | Numérico | Hora inicial del turno |
| HORA _FINAL | Numérico | Hora final del turno |
| DIA | Numérico | Día |
| MES | Numérico | Mes |
| ANNO | Numérico | Año |
| DIA/FECHA | Fecha/Hora | Día y fecha |

Las tablas 5.3.6 y 5.3.7 son utilizadas por el sistema PAMCO DEMO para desplegar la información que posteriormente será utilizada como medio para presentar la información de forma más atractiva y brindar toda la información que pueda ser interpretada fácilmente por medio de descripciones, esto ocurre

por que las tablas 5.3.4 y 5.3.5 son llenadas por medio de códigos que son interpretables por la computadora, la razón de esto es para facilitar la transmisión de los datos como cadenas de bits por medio del protocolo serial DF1 del controlador lógico.

Tabla 5.3.6. Códigos de paro

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|------------------------|
| CODIGO | Numérico | Código PAMCO de 1 a 40 |
| DESCRIPCIÓN | Texto | Nombre del código |

Tabla 5.3.7. Parámetros mecánicos

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|-------------------------|
| CODIGO | Numérico | Código de la máquina |
| CODIGO _ SUB | Texto | Etapa de la línea |
| NOMBRE | Texto | Nombre de la etapa |
| DESCRIPCION | Texto | Descripción de la etapa |

Por medio de la plataforma programada en RSSQL(herramienta de los productos ALLEN BRADLEY para adquisición de datos) se colecta la información obtenida por el Micrologix 1500 y se llenan la tabla 5.3.4 y la tabla 5.3.5, la tabla 5.3.6 y 5.3.7 son utilizadas como referencia para desplegar la información de una manera atractiva haciendo uso de Visual Basic.

Las relaciones de la base de datos se observan en la figura 5.3.19 y muestran como se hacen las consultas por medio de Visual Basic 6.0. El campo DIA/FECHA de las tablas INFO_TURNO y PAROS funciona como ID para evitar que los datos se sobrescriban.

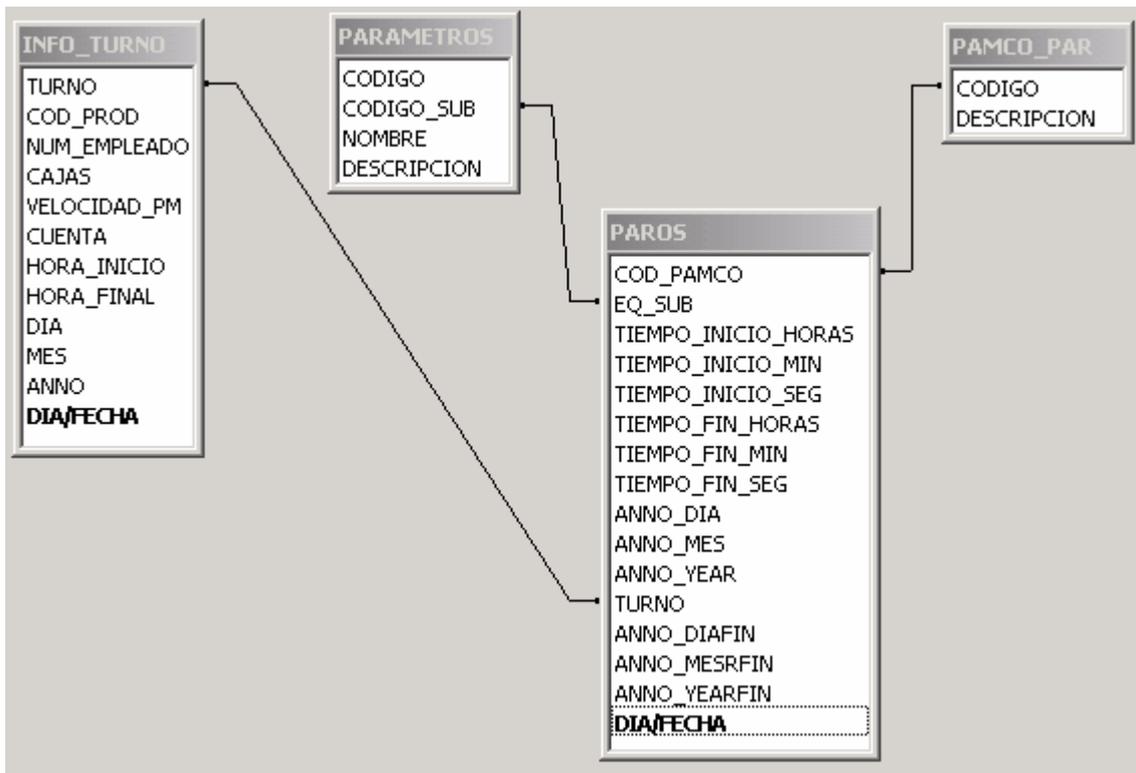


Figura 5.3.19. Relaciones de la base de datos.

- **RSSQL:**

Para enlazar la etapa del controlador con la base de datos es necesario una herramienta que permita el muestreo de una cantidad de elementos limitada solo por las capacidades del computador. Se escogió la herramienta citada porque este proyecto es funcional a medida que permita observar el comportamiento de varias líneas. Secuencia lógica RSSQL utilizada para conectar la base de datos con el controlador:

1. Crear la base de datos por medio de las herramientas disponibles, en este caso MS Access como lo muestran las tablas 5.3.4 a 5.3.7.
2. Crear un servicio ODBC (Conector para objetos de origen de datos) a partir de la base de datos creada con anterioridad, la transacción de datos se da de RSlings (herramienta utilizada para el enlazar el controlador con la PC), con el servicio ODBC. Esto indica al computador remoto el tipo de conversiones que debe realizar para adquirir la información.
3. En la programación de RSSQL se debe nombrar la nueva conexión y dar los respectivos nombres tanto al servicio que contiene el controlador ósea

Rslinks como el que contiene la base de datos en este caso llamada *PAMCO*.

4. Establecer un Jefe de transacción, así como nombrar y asignar password de administrador a los diferentes servicios.
5. Establecer comunicación con RSLinks y el controlador para nombrar y acceder todas las variables y registros almacenados en el mismo.
6. Descargar todos los campos de la base de datos PAMCO almacenada en el computador.
7. Establecer las transacciones entre el controlador y la base de datos según bits de disparo almacenados en el controlador.
8. Verificar y activar la conexión del RSSQL para adquirir toda la información así como también la fecha y hora de la transacción.

RSSql es una herramienta diseñada para ayudar al manejo de procesos de manufactura permitiendo obtener valores en tiempo real directamente desde el piso de planta.

- **Visual Basic 6.0:**

Tecnología utilizada:

Simulador base de datos: Access 2003

Lenguaje de programación: Visual Basic 6

Tipo de sistema: Sistema centralizado

Al ingresar al sistema PAMCO DEMO la primera pantalla que se despliega se muestra en la figura 5.3.20.



Figura 5.3.20. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO 1.

La información mostrada hace referencia a la fecha de inicio que deseamos al generar el reporte de eficiencia.

La fecha inicial el usuario la selecciona por medio de un DTPicker, de la manera observada en la figura 5.3.21.



Figura 5.3.21. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO 2.

En esta pantalla es donde el usuario selecciona para que día desea ver los reportes de eficiencia, para el ejemplo a seguir tomemos como referencia el día 27 de noviembre del 2005, elegida en la figura 5.3.22.



Figura 5.3.22. Selección de fecha en el sistema PAMCO DEMO.

Al dar click sobre el botón “Generar Reporte Eficiencia” se nos muestra el reporte para lo existente registrado en la base de datos para el día en cuestión como en la figura 5.3.23.


```

LISTADO DE CÓDIGOS DE PAROS PRODUCTIVOS EN LA LÍNEA #2 DE SALSAS OSCURAS
FECHA:          27 / 11 / 2005
-----
PAMCO:          1
DESCRIPCION:    Quiebra mecánica
SUBCONJUNTO:    02001-01
DESCRIPCION:    PANEL DE CONTROL
ETAPA DE LA LÍNEA:      SOPLADORA BOTTLEERS
TIEMPO (Horas):      0,25

*****
PAMCO:          1
DESCRIPCION:    Quiebra mecánica
SUBCONJUNTO:    02001-03
DESCRIPCION:    ESTRELLA DE ENTRADA
ETAPA DE LA LÍNEA:      SOPLADORA BOTTLEERS
TIEMPO (Horas):      0,017

```

Figura 5.3.27. Reporte de eficiencia generado en Word.

USO DEL LENGUAJE SQL PARA LAS CONSULTAS A LA BASE DE DATOS:

Podemos definir el SQL utilizado como:

- Lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones sobre las mismas. Permite lanzar consultas con el fin de recuperar información de interés de una base de datos, de una forma sencilla.
- Es un lenguaje de programación interactivo y estandarizado para extraer información y actualizar una base de datos. Es un lenguaje de comando que deja seleccionar, insertar, actualizar y encontrar el dato. Tabla que pueda ser leída línea a línea: Proceso de interpretación de una tabla donde los contenidos de una celda se convierten en una serie de párrafos uno tras otro.
- Lenguaje de programación que se utiliza para recuperar y actualizar la información contenida en una base de datos. Fue desarrollado en los años 70 por IBM. Se ha convertido en un estándar ISO y ANSI.
- (Structured Query Language o Lenguaje Estructurado de Consultas) Lenguaje de Datos comercial que se ha convertido en estándar para la definición, manipulación y control de los datos de las Bases de Datos.

Capítulo 6: Análisis de Resultados

6.1 Resultados

Este es otro ejemplo del reporte generado por medio de Visual Basic en un documento "Word", que da una eficiencia operativa real basada en el tiempo que se utilizó la máquina (figura 6.1.1.):

| | |
|--|----------------------------------|
| LISTADO DE CÓDIGOS DE PAROS PRODUCTIVOS EN LA LÍNEA #2 DE SALSAS OSCURAS | |
| FECHA: | 27 / 11 / 2005 |
| ----- | |
| PAMCO: | 1 |
| DESCRIPCION: | Quiebra mecánica |
| SUBCONJUNTO: | O2001-01 |
| DESCRIPCION: | PANEL DE CONTROL |
| ETAPA DE LA LINEA: | SOPLADORA BOTTLERS |
| TIEMPO (Horas): | 0.25 |
| ***** | |
| PAMCO: | 1 |
| DESCRIPCION: | Quiebra mecánica |
| SUBCONJUNTO: | O2001-03 |
| DESCRIPCION: | ESTRELLA DE ENTRADA |
| ETAPA DE LA LINEA: | SOPLADORA BOTTLERS |
| TIEMPO (Horas): | 0.017 |
| ***** | |
| PAMCO: | 17 |
| DESCRIPCION: | Limpieza (Externa) |
| SUBCONJUNTO: | O2002-02 |
| DESCRIPCION: | ESTRELLA ALIMENTADORA DE ENVASES |
| ETAPA DE LA LINEA: | LLENADORA MRM ELGIN |
| TIEMPO (Horas): | 0.15 |
| ***** | |

Figura 6.1.1. Reporte de eficiencia generado por medio de Visual Basic.

```

PAMCO:          27
DESCRIPCION:    Comidas
SUBCONJUNTO:    0
DESCRIPCION:    NINGUNO
ETAPA DE LA LINEA:      NINGUNO
TIEMPO (Horas):      0.033

*****

PAMCO:          4
DESCRIPCION:    Ajuste por falla mecánica
SUBCONJUNTO:    02010
DESCRIPCION:    ENCINTADORA
ETAPA DE LA LINEA:      ENCINTADORA
TIEMPO (Horas):      0.283

*****

TIEMPOS Y PORCENTAJES DE EFICIENCIA
TIEMPO UTILIZADO:      16 Horas
TIEMPO OPERACIONAL:    16 Horas
TIEMPO RUTINARIO:      0.033 Horas
TIEMPO PRODUCTIVO:     15.967 Horas
TIEMPO IMPREVISTO:     0.7 Horas
TIEMPO EFECTIVO:       8.267 Horas
TIEMPO PLANIFICADO SIN PRODUCCION:      0 Horas
TIEMPO NO UTILIZADO:   8 Horas

EFICIENCIA PRODUCTIVA:  50.616 %
EFICIENCIA OPERATIVA:  50.419 %

```

Figura 6.1.1. Reporte de eficiencia generado por medio de Visual Basic.

Los resultados son extensos por lo cual se seleccionó un reporte. Para la comprobación del mejoramiento de la productividad fue necesario un período de prueba de 2 meses en los cuales se recolectaron datos de

eficiencia operativa. La eficiencia operativa antes de implementar el sistema se localizaba alrededor del 54%; estos datos fueron confirmados con los primeros reportes diarios generados por el sistema. La baja eficiencia operativa estaba muy relacionada con las fallas mecánicas de ciertos equipos como lo son la etiquetadora ANKER, o la estrella de alimentación y salida de envases a la etapa del carrusel de botellas. En muchos de los reportes se observó mucha acumulación de paros productivos debido al derrame de material, producido por botellas que se atacaban en las estrellas de alimentación, o por mal funcionamiento del motor de la bomba de llenado, esto obligaba a los operarios a detener el proceso para realizar la debida limpieza.

6.2 Análisis

Tomando como base las comparaciones realizadas con reportes generados manualmente los meses posteriores a la elaboración del proyecto, y con reportes obtenidos con el prototipo, se concluye que el sistema funciona según lo esperado, por tanto se satisfacen los objetivos buscados. Para implementar adecuadamente el proyecto es necesario un mayor apoyo económico. De contar con más tiempo y presupuesto se instalaría este sistema en todas las líneas productivas y de ser homologado el software RSSQL sería posible conectarse con la base de datos de MSSQL de la empresa, permitiendo una actualización total de los datos. De acuerdo con los recursos existentes y respetando ciertas disposiciones de la empresa se tomó la decisión de implementar un prototipo que cumpliera los requerimientos necesarios para adquirir información confiable. Estableciendo como llave de inicio de producción el respectivo código de paro (evitando que el operario pueda reiniciar la máquina si no ha ingresado correctamente el código), se evitaría la pérdida de información. Un sistema SCADA (sistema de control y adquisición de datos) para adquisición de datos, permitiría conocer en detalle y automáticamente la clasificación del subconjunto que presenta problemas.

El factor humano siempre tiene un peso importante para el ingreso de los códigos de paro. El sistema es un prototipo para una línea productiva; para implementarlo exitosamente en toda la planta se encuentra sujeto a cambios y rediseño total o parcial.

Los resultados antes de la implementación de este proyecto indicaban poca eficiencia operativa, aproximadamente 54% según los reportes generados manualmente. Esto debido a la falta de mantenimiento preventivo adecuado producto del mal control de las etapas de la línea. Por ejemplo, se tenía conocimiento de que cierta etapa presentaba problemas, pero en la mayoría de los casos no se sabía con certeza en qué porcentaje afectaba determinado equipo a la producción.

Según los datos obtenidos con el actual proyecto muestran que pequeños retrasos causados por la limpieza de la línea, así como ajustes mecánicos iban acumulando casi el 40% de causas de paros productivos en la línea. Todo esto

se va corrigiendo paulatinamente a la mano del mantenimiento productivo total, permitiendo darle el trato adecuado a los equipos reduciendo el número de problemas. Con el prototipo implementado se obtuvieron algunos casos puntuales como, por ejemplo, la etiquetadora **Anker**, presentaba gran cantidad de problemas en la colocación de etiquetas, pues en algunos casos se colocaban torcidas o la bomba neumática no dispensaba la cantidad adecuada de goma para asegurar la fijación correcta al envase. La influencia de este problema representó un 25% de los paros productivos; consecuencia de esto se decidió promover el cambio de este equipo. Otros problemas como lo son la correcta dosificación de salsa a las botellas son de más difícil solución debido a la inversión necesaria para cambiar el mecanismo.

La tapadora de botellas presentó la mayor cantidad de problemas en el túnel de colocación de tapas, aumentando un 30% los detonantes de paros productivos, por lo tanto se decidió realizar una modificación mecánica del tobogán de tapas y de esta forma reducir el atascamiento de las mismas.

En el tiempo disponible para observar la mejoría de la eficiencia se observó una mayor precisión en la recolección de problemas mecánicos y la disminución en el tiempo de confección de reportes. El promedio de eficiencia operativa llegó al 60%; este dato no es definitivo ya que se requiere de más datos que comprueben que efectivamente se está realizando un mejor mantenimiento a la línea. Lo que sí es definitivo es que el sistema mejora enormemente el manejo de información y ayuda a los operarios encargados de recolección de reportes, a prestar mayor atención al comportamiento de las etapas que conforman la línea productiva.

El restante 5% se asignó a otros tipos de problemas, por ejemplo la etapa selladora de tapas, la cual solo presenta problemas en el ajuste; esto se debe a que se trata de una máquina relativamente nueva. Existen paros productivos como los atribuidos a pequeñas reuniones o comidas que no presentan un gran impacto en la producción y más bien son necesarios para garantizar un mejor rendimiento de los operarios en su trabajo.

Por problemas con el presupuesto se descartó la colocación de un sistema de transmisión inalámbrica, pero se investigaron algunas tecnologías útiles para este propósito, estos se pueden observar en el apéndice 6.

En la actualidad es común utilizar tecnologías que permitan la comunicación de diferentes dispositivos industriales por medio de ethernet, que es una excelente opción para dar mayor solidez a los sistemas de información. A lo largo de la historia de automatización se han utilizado diferentes protocolos, muchos de estos basados en técnicas tradicionales desarrolladas por las marcas de controladores; como es el caso del protocolo serial DF1 o modbus plus. Con la aparición de las redes ethernet se obtiene una forma más confiable de asegurar la llegada de los datos hacia su destino, además presenta mejoras: como por ejemplo conectores con mayor resistencia a ambientes agresivos, donde la constante vibración de los equipos puede provocar que se aflojen las uniones entre los sistemas de transmisión. En el caso de seleccionar una tecnología inalámbrica de las citadas en el apéndice 6, se recomendaría Radio MODEM EI WISE-B-900 para comunicación ETHERNET inalámbrica, ya que incluye ventajas como el direccionamiento IP configurable, esta característica resulta ventajosa para identificar los equipos con mayor facilidad, además puede sustituir etapas de la red ya existentes. Las otras opciones como lo son el PlantLinc PLR5000- Módem Industrial Inalámbrico en Serial para Banda de 900 MHz o el SST-900EXT con interfase RS-232 y DH 485 son usuales para sustituir redes un poco más antiguas que utilizan protocolos tradicionales como modbus plus ó protocolos seriales. El uso de canales de comunicación es un medio obsoleto ya que limita la comunicación a enlaces punto a punto. Por supuesto en el caso de la aplicación actual y al tratarse de una planta industrial lo mejor es posibilitar la ampliación de la red, otra ventaja que puede ser observada es la distancia de transmisión a 40 Km. al aire libre, frente a los otros dispositivos con rangos menores, esto brinda la gran ventaja de comunicar secciones de la empresa en diferentes edificios ó otras etapas de la planta ubicadas a una distancia a línea vista igual o inferior a la citada.

Anterior a este proyecto todos los datos eran escritos manualmente. Posteriormente, se recolectaban por el encargado de TPM (la información se ingresaba a la base de datos en MSSQL) y se generaba manualmente el

análisis para confeccionar un reporte. En la actualidad, en lo que respecta a la etapa de salsas oscuras, ya existe una alternativa para este problema, permitiendo la adquisición de datos instantáneamente y generación de reportes de manera automática.

Considerando el tiempo requerido por el operario para llenar el reporte manualmente (aproximadamente 5 minutos si no conoce la clasificación del código de paro), además el tiempo es calculado arbitrariamente (se descartan minutos, ya que la persona no toma en cuenta todo el tiempo que pasa la línea detenida), el tiempo que invierte el encargado en recoger las boletas, analizar e ingresar la información a la base de datos (aproximadamente 2 días). Se tiene un ahorro de tiempo y recursos considerable, esto sumado a datos en tiempo real y sin intermediario, ya que el sistema permite llenar la base de datos sin intermediario por medio del panel de operador.

Existen diferentes tecnologías para realizar sistemas de automatización. La inserción de tecnologías en manejo de información industrial tiene un crecimiento cada vez más elevado. La información amplía enormemente la capacidad de controlar la producción por ejemplo con máquinas de control, sistemas SCADA. En esto radica la justificación de tener un sistema con la capacidad de obtener información de planta en tiempo real, ya que permite el incremento de las ganancias económicas.

En el caso de este proyecto no se buscó la sustitución de fuerza laboral sino más bien ayudar a los operarios a realizar su trabajo en forma más eficiente, facilitando la introducción y manejo de códigos de paro. Para cumplir con el propósito de automatizar debe ser capaz de traer mejoras de costos en trabajo indirecto como lo son administración, control de insumos, flujos de información, demoras a los proveedores, tiempos muertos por falta de flexibilidad y adaptabilidad. Los datos obtenidos de eficiencia productiva permiten mayor continuidad, intensidad y control del proceso de producción, mejor calidad del producto y reducción de errores o rechazos.

Esta aplicación en pequeña escala permite mejorar el funcionamiento de la línea de salsas oscuras brindando mayor facilidad de monitoreo de la máquina, la posibilidad de que un operario trabaje en diferentes funciones dentro de la

línea productiva, coordinando o controlando una serie de operaciones simultáneamente.

Debido a la falta de presupuesto para colocar sensores en puntos de inspección específicos en la línea de producción de salsas oscuras se delimitaron las 9 etapas claves como lo son: LA SOPLADORA BOTTLEERS, LLENADORA MRM ELGIN, TAPADORA MRM ELGIN, ETIQUETADORA ANKER, COLOCADOR DE BANDAS DE SEGURIDAD, TUNEL DE CALOR AXON, CONVEYER SALSAS, ENCINTADORA y EL CODIFICADOR.

Cada una de las etapas anteriores cuenta con partes mecánicas o eléctricas que en alguna ocasión han presentado problemas. Con base en esta información se confeccionó la tabla 5.3.3, programada en el panel de operador de una manera atractiva para la navegación a través de las diferentes clasificaciones, disminuyendo de esta forma la posibilidad de que el operario cometa errores. En el periodo de dos meses se comprobó que la codificación fuera la adecuada, realizando actualizaciones posteriormente documentadas e insertadas en el panel de operador, brindando una retroalimentación a la empresa de los parámetros necesarios para que un correcto cálculo de eficiencia sea el verdadero indicador de los problemas que se están dando en el proceso productivo. Uno de los principales problemas que presentó la tabla 5.3.2 (herramienta presente anterior a la realización de este proyecto) es que permitía un cálculo de eficiencia, pero debido a que el subconjunto y el comentario eran parámetros escritos por el operario no se tenía una manera más estandarizada y precisa para evaluar la operación de la máquina.

La base de datos se construyó en ACCESS, herramienta útil en el manejo de información, pero resulta un tanto incomoda para la manipulación y adquisición de datos almacenados en ella. Para tal efecto se recomienda transferir los datos al MSSQL 2000 homologado que posee UNILEVER, otra forma útil fuera del alcance del proyecto es confeccionar una base de datos en InSQL herramienta tecnológica ampliamente utilizada en sistema SCADA permitiendo la comprensión de los datos hasta un máximo de 250 MB, también permite el almacenamiento de la información de manera alternativa en otra partición del disco duro o en otra computadora conectada a la red, en caso de

desbordamiento de la cantidad de información almacenada. Existen diferentes opciones que pueden ser configuradas: por ejemplo, el almacenamiento cíclico (la información es almacenada según intervalos de tiempo) o delta (la información es almacenada si existen cambios en los datos de entrada con un rango determinado). En todo caso por tratarse de un prototipo y además que los datos almacenado no ocurren en la frecuencia que se podrían observar en un SCADA (por ejemplo temperaturas en los devanados del motor) el ACCESS resulta una herramienta útil para el prototipo y funciona bien para demostrar el funcionamiento a entidades superiores de la empresa que están interesadas en invertir gran cantidad de dinero en tecnología de vital importancia en la toma de dediciones.

En toda base de datos es importante insertar un dato que no se repita, y en este caso se utilizó la fecha y hora de la transacción que además de proteger la información almacenada, para que no existan incongruencias por algún error de asignación de fechas permitiendo verificar que la información es congruente y corresponde al período de tiempo reportado. En un sistema posterior la base de datos debe poseer un mecanismo para sincronizar el tiempo en el controlador con el presente en el computador remoto; en todo caso las bases de datos utilizadas en la actualidad en la industria poseen formas para sincronizar computadores remotos, de lo contrario se pedería información.

Otro factor que es importante corregir es la forma como se enlaza el controlador con la computadora; debido a la falta de inversión por parte de la empresa se optó por utilizar el puerto serie de la computadora valiéndose de las ventajas que aporta la UART. Con la adquisición del convertidor apropiado como el AIC sería más sencillo transmitir los datos por DH485 o a ETHERNET, opción ideal para conectarse directamente a la red de computadoras sin la necesidad de un computador intermedio.

Las nuevas tecnologías en módems inalámbricos permiten la comunicación de equipos alrededor de toda la planta y poseen diferentes alternativas para conexión con dispositivos remotos así como con el computador. Estos equipos pueden ser configurados tanto en la velocidad de transmisión como su posición en el espacio, esto evita la colocación de cableado que en muchas ocasiones

debe ser removido por redistribuciones de maquinaria. Se debe considerar la presencia de obstrucciones en la trayectoria de la información, el sistema debe estar dotado con la correcta instalación de la antena recomendada por el fabricante. Para efectos de este proyecto la implementación se realizó vía cable debido a la falta de presupuesto. Por supuesto se recomendó construir una red ethernet ya sea inalámbrica o con uso de cable ya que la tendencia en las plantas industriales es permitir a los equipos de control conectarse con la red de la empresa, con la finalidad de observar parámetros de las máquinas, tendencias históricas de procesos productivos, estado de la receta usada para la producción de determinado producto, temperaturas en tanques de almacenamiento o cámaras de enfriamiento, llamar telefónicamente al encargado de determinado proceso en caso de presentarse una alarma en una máquina así como de eventos normales, como inicio de la producción.

El panel de operador fue una buena selección ya que permitió conectar la base de datos directamente con los eventos presentes en planta, además sus características físicas están diseñadas para soportar las condiciones presentes, como altas temperaturas ó derrame de producto. Toda la información fue enviada al controlador que se encargó de coordinar la comunicación con la PC para actualizar los datos. Otra ventaja de este dispositivo es que cuenta con la posibilidad de conectarse directamente vía ethernet pero solamente con controladores que poseen esta capacidad. Al tener diferentes dispositivos con estas características, uno o varios controladores podrían compartir información para ser desplegada. Un panel de operador más grande y en modalidad *touch screen* (de contacto en la pantalla) sería mucho mejor para mostrar la información de manera más atractiva incentivando a los operarios a introducir la información.

El sistema PAMCO DEMO realizado en Visual Basic es un ejemplo de cómo esta herramienta es lo suficientemente versátil para desarrollar aplicaciones que permitan manejo de información y comunicación con dispositivos periféricos. Es usual utilizar esta herramienta para realizar complementos en programación que permitan extraer datos de software para comunicación con

dispositivos industriales, y elaboración de puentes para acceder a diferentes bases de datos.

En esta ocasión se generó un reporte en Microsoft Word; otra posibilidad podría ser la generación del reporte en Microsoft Excel o en staroffice. En todo caso el objetivo es obtener un dato real de la eficiencia producida en un día, y posteriormente el encargado debe decidir que hacer con los datos que se le muestran.

El apoyo de la empresa donde se realiza el proyecto es de suma importancia para adquirir las herramientas tecnológicas adecuadas. Es importante contar con buena asesoría de las tecnologías que se pueden emplear para desarrollar una determinada aplicación, aunque en muchos casos las mismas tienen valores muy altos y no se está dispuesto a pagar por ellas. El estudiante cuenta muchas veces con software perteneciente a la universidad o versiones gratuitas adquiridas en Internet, que por restricciones legales no pueden ser utilizadas en la industria. En el momento de implementar un proyecto es importante contar con el equipo adecuado, tanto en hardware como en software, es este caso existieron problemas por la burocracia administrativa. Usualmente la empresa trabaja con contratistas a los cuales se les paga por un servicio, esto con el fin de aminorar costos y pasar por alto las restricciones en la adquisición de propiedad intelectual. El proyecto constituyó una experiencia sumamente constructiva en la formación profesional y brinda la oportunidad de insertarse y darse a conocer en el mercado laboral, por lo cual es importante mantener esta modalidad y así adquirir la experiencia laboral solicitada en muchas empresas.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

1. El Sistema de monitoreo de eficiencia en la línea de producción de Salsas Oscuras es una excelente herramienta para la toma de decisiones, por que permite conocer cuáles factores afectan la producción y en que medida lo hacen.
2. Se recomienda la colocación de más sensores en diferentes etapas de la línea para verificar la veracidad de la información.
3. Se recomienda la transmisión de datos de forma inalámbrica con las tecnologías señaladas, diseñadas para el medio industrial que es sumamente ruidoso, para que no se generen inconsistencias en la clasificación de la información.
4. Al no eliminarse el factor humano, es importante tener a una persona entrenada para el ingreso de los datos al sistema.
5. Se redujo el tiempo de obtención de datos y generación de reportes de eficiencia en 48 horas.
6. Los datos de problemas mecánicos en la línea se obtienen mediante el computador remoto instantáneamente.
7. El estudio de las etapas mecánicas de la línea permitió obtener una mayor precisión en los detonantes de paros productivos.
8. Se recomienda para un próximo proyecto almacenar los datos de eficiencia productiva en el MSSQL de la empresa.

Capítulo 8: Bibliografía

- Alfonso Villarreal, **Control De Sistemas Continuos**. Problemas resueltos. Editorial McGraw-Hill 1996
- **Manual de fórmulas técnicas**, 19 edición Kurt Gieck, Editorial Alfaomega
- **Catalogo de sensores Allen-Bradley Rockwell Automation**, Preferred availability edition.
- Mike Snell, Lars Powers, **Visual Basic Programmer's Guide to the .Net Framework Class Library**, Sams Publishing, 2005
- Pieshu Li, **Visual Basic and Com+ Programming by Example**, Que Publishing, 2005

Apéndices

A.1 Recursos utilizados para el desarrollo del proyecto

Tabla A.1.1 Materiales necesarios para el desarrollo del proyecto

| Recurso | Cantidad | Costo Total |
|-------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Micrologix 1500 | 1 | \$450 |
| Hojas de datos del microcontrolador | 1 | - |
| Sensores Fotoeléctricos | 1 | \$200 |
| Hojas de datos de los sensores | 1 | - |
| Gabinete de fibra de vidrio | 1 | \$150 |
| Panel view plus 400 | 1 | \$500 |
| Cable 10 mts RS – 232 | 1 | \$200 |

Tabla A.1.2 Equipos necesarios para el desarrollo del proyecto

| Recurso | Cantidad | Costo Total |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Computador | 1 | \$2000 |
| Multímetro | 1 | \$500 |
| Software RS logix | 1 | \$1500 |
| Software Visual Basic 6.0 | 1 | \$1000 |
| Paquete de software Microsoft Office | 1 | \$1000 |
| RS Studio edición maquina | 1 | \$2000 |
| RSSQL | 1 | \$1500 |

Tabla A.1.3 Servicios personales necesarios para el desarrollo del proyecto

| Recurso | Cantidad | Costo Total |
|--------------------------|-----------------|--------------------|
| Ingeniero en electrónica | 1 | Confidencial |

Tabla A.1.4 Infraestructura necesaria para el desarrollo del proyecto

| Recurso | Cantidad | Costo Total |
|------------------------|-----------------|--------------------|
| Cubículo | 1 | Confidencial |
| Laboratorio de pruebas | 1 | Confidencial |

Los costos de los diferentes materiales, equipos y servicios se evalúan una vez seleccionados los componentes y equipos a utilizar.

A.2 Glosario y abreviaturas

Abreviaturas:

SCADA: Sistema de supervisión control y adquisición de datos.

TPM: Mantenimiento Productivo Total.

PAMCO: Control planta máquina.

ODBC: Conector de objetos de origen de datos.

Glosario:

Homologado: Se utiliza este término para establecer cual software pertenece y puede ser utilizado en la red de computadoras perteneciente a UNILEVER de Centroamérica.

A.3 Información sobre la empresa

A.3.1 Descripción de la empresa

La planta de Unilever de Centro América se ubica en San Antonio de Belén, cuenta con aproximadamente 1000 empleados, y se dedica a la producción de alimentos como salsas LIZANO y NATURAS, mayonesa HELLMANNS, mostaza, mayonesa y frijoles LIZANO, sazónador KNORR, bebidas LIPTON. Así mismo produce en otros países productos los cuales importa y distribuye en Costa Rica como los son artículos para el cuidado personal bajo las marcas de SEDAL, cremas POND`S, detergentes RINSO y XEDEX.

A.3.2 Descripción del departamento en la que se realizará el proyecto

El proyecto se realizará en coordinación con el departamento de mantenimiento industrial y TPM. El departamento de mantenimiento se encarga de la revisión de equipos, y solucionar problemas mecánicos en toda la planta. TPM coordina los mantenimientos preventivos con la información recolectada en las hojas para los códigos PAMCO.

A.4 Manual de usuario.

UNILEVER DE CENTROAMERICA

MANUAL DE USUARIO

**Sistema de monitoreo de eficiencia en la línea de producción de Salsas
Oscuras.**

Elaborado por:

Jonathan Vargas Cabezas

Diciembre del 2005

- **Uso del panel de operador colocado en la línea.**

Las pantallas de comunicación con el operario brindan un flujo de los pasos y lógica del programa para adquirir los datos.

La figura 1 muestra el sistema operando normalmente, cuando ocurre un paro productivo el controlador le indica al panel que señale la opción 1 “PARO PRODUCTIVO” y opción 2 “NO SE HA ENVIADO CODIGO”. Al reestablecerse la operación normal, la opción 1 vuelve a señalar “OPERACIÓN NORMAL”, pero la opción 2 continúa en “NO SE HA ENVIADO CODIGO” por lo cual se debe acceder por medio de la tecla F1 del panel para ingresar los datos solicitados:



Figura 1. Pantalla inicial del panel de operador

En la figura 2 por medio de las funciones del panel (F1, F2, F3, etc) se selecciona cada uno de los datos a ingresar, estos son escritos directamente en los registros del controlador para luego ser enviadas a la base de datos, con la función F6 se vuelve a 0 la cuenta de botellas. En la pantalla se observa un aproximado de la cantidad de botellas y la velocidad en piezas por minuto, una vez que se ingreso la información se selecciona (F8) para confirmar.

| CAMBIO DE TURNO(F6) | | <i>DATOS DE TURNO</i> | |
|-------------------------|-----|-----------------------|----------------|
| CODIGO DE PRODUCTO (F1) | | 65 | |
| NUMERO DE EMPLEADO(F2) | | 65 | |
| CAJAS(F3)# | 32 | | |
| VELOCIDAD (PM) | 36 | | VOLVER(F4) |
| ESTIMADO DE BOTELLAS | 237 | | CONTINUAR (F8) |

Figura 2. Pantalla del panel de operador

En la figura 3 se procede igual que en el caso anterior, y una vez que se tiene completa certeza de que los datos fueron ingresados correctamente se selecciona “ENVIAR” con (F7) que es una señal tanto para el controlador como para el RSSQL para cargar la base de datos. Seguidamente se selecciona “CONTINUAR”:

| LINEA | | SALSAS OSCURAS No. 2 | |
|-----------------------------|--|-------------------------|--|
| HORA INICIO (F1) | | 8 | |
| HORA FINAL (F2) | | 13 | |
| TURNO # (F4) | | 1 | |
| ENVIAR(F7) | | VOLVER(F6) | |
| LIMPIAR CODIGOS DE PARO(F5) | | CONTINUAR (F8) | |

Figura 3 Pantalla del panel de operador

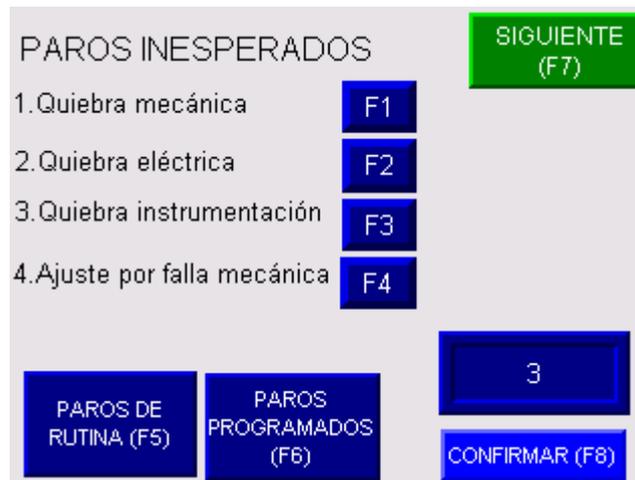


Figura 4. Pantalla del panel de operador

Se puede seleccionar una de las diferentes opciones de la codificación de códigos PAMCO mostrados con anterioridad, ya sea su clasificación como paro “INESPERADO”, “RUTINA” o “PARO PROGRAMADO”.



Figura 5. Pantalla del panel de operador



Figura 6. Pantalla del panel de operador

Una vez insertado el respectivo código de paro lo siguiente es seleccionar la etapa de la línea, figura 8.



Figura 7. Pantalla del panel de operador codificación equipos



Figura 8. Pantalla del panel de operador codificación equipos



Figura 9. Pantalla del panel de operador codificación equipos sopladora

En el caso anterior se seleccionó la etapa de la sopladora con el subconjunto mecanismo de giro de botella.

En la figura 10 nuevamente aparece una tecla para enviar información, esta llena otra base de datos referente a la información de códigos de paro y tiempos.



Figura 10. Pantalla del panel de operador final

- **Base de datos en MS Access en computador remoto:**

Datos necesarios para la visualización del funcionamiento de la línea.

Los tiempos de operación y eficiencia se calculan de la siguiente manera:

- Tiempo operacional: Tiempo total utilizado por la línea –Tiempo planificado sin producción.
- Tiempo productivo: Tiempo operacional – Tiempo rutinario previstas
- Tiempo efectivo: Tiempo productivo – Tiempo imprevisto.
- Eficiencia operativa: Tiempo efectivo / Tiempo operacional.
- Eficiencia productiva: Tiempo efectivo / Tiempo productivo.

Diseño de la base de datos:

La base de datos consta de 4 tablas creadas en MS Access:

Tabla 1. Tabla de recolección de paros

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|---------------------------|
| COD _ PAMCO | Numérico | Código de paro de 1 a 40 |
| EQ _ SUB | Numérico | Subconjunto según tabla 3 |
| TIEMPO_INICIO_HORAS | Numérico | Hora de inicio |
| TIEMPO_INICIO_MIN | Numérico | Minuto de inicio |
| TIEMPO_INICIO_SEG | Numérico | Segundo de inicio |
| TIEMPO_FIN_HORAS | Numérico | Hora de fin |
| TIEMPO_FIN_MIN | Numérico | Minuto de fin |
| TIEMPO_FIN_SEG | Numérico | Segundo de fin |
| ANNO_DIA | Numérico | Día |
| ANNO_MES | Numérico | Mes |
| ANNO_YEAR | Numérico | Año |
| ANNO_DIAFIN | Numérico | Día |
| ANNO_MESFIN | Numérico | Mes |
| ANNO_YEARFIN | Numérico | Año |
| TURNO | Numérico | Número de turno de 1 a 3 |
| DIA/FECHA | Fecha/Hora | Fecha y hora completa |

Tabla 2. Tabla de información de turno.

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|--------------------------|
| TURNO | Numérico | Numero de turno de 1 a 3 |
| COD_PROD | Numérico | Código del producto |
| NUM_EMPLEADO | Numérico | Número de empleado |
| CAJAS | Numérico | Cantidad de cajas |
| VELOCIDAD_PM | Numérico | Velocidad de la línea |
| CUENTA | Numérico | Cantidad de botellas |
| HORA_INICIO | Numérico | Hora inicial del turno |
| HORA_FINAL | Numérico | Hora final del turno |
| DIA | Numérico | Día |
| MES | Numérico | Mes |
| ANNO | Numérico | Año |
| DIA/FECHA | Fecha/Hora | Día y fecha |

Tabla 3. Códigos de paro

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|------------------------|
| CODIGO | Numérico | Código PAMCO de 1 a 40 |
| DESCRIPCIÓN | Texto | Nombre del código |

Tabla 4. Parámetros mecánicos

| Nombre del campo | Tipo | Descripción |
|-------------------------|-------------|-------------------------|
| CODIGO | Numérico | Código de la máquina |
| CODIGO_SUB | Texto | Etapa de la línea |
| NOMBRE | Texto | Nombre de la etapa |
| DESCRIPCION | Texto | Descripción de la etapa |

- **Visual Basic 6.0 “Sistem PAMCO DEMO” en computador remoto:**

Por medio del cual se calcula la eficiencia operativa diaria de una línea de producción, al ingresar al sistema PAMCO DEMO la primera pantalla que se despliega es la figura 11:



Figura 11. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO.

Donde la información mostrada hace referencia a la fecha de inicio que deseamos al generar el reporte de eficiencia.

La fecha inicial el usuario la selecciona por medio de un DTPicker, de la siguiente manera mostrada en la figura 12:



Figura 12. Pantalla de inicio del sistema PAMCO DEMO.

En esta pantalla es donde el usuario selecciona para que día desea ver los reportes de eficiencia, para el ejemplo a seguir tomemos como referencia el día 27 de noviembre del 2005, según la figura 13:



Figura 13. Selección de fecha en el sistema PAMCO DEMO.

Al dar click sobre el botón “Generar Reporte Eficiencia” se nos muestra el reporte para lo existente registrado en la base de datos para el día en cuestión:

Otros datos que se muestran en el anterior reporte son mostrados en la figura 15:

| Fecha: 27 / 11 / 2005 | |
|-----------------------|----------------|
| ETAPA DE LA LINEA | TIEMPO (Horas) |
| SOPLADORA BOTTLEERS | 0,25 |
| SOPLADORA BOTTLEERS | 0,017 |
| LLENADORA MRM ELGIN | 0,15 |
| NINGUNO | 0,033 |
| ENCINTADORA | 0,283 |
| LLENADORA MRM ELGIN | 0 |
| ETIQUETADORA ANKER | 0,017 |
| ETIQUETADORA ANKER | 0,033 |

Figura 15. Etapas del reporte en el sistema PAMCO DEMO.

Para cada código PAMCO se describe la etapa de la línea y el tiempo estimado en cada uno.

| Código | Descripción | Código PAMCO | Descripción |
|--------|------------------------|--------------|---------------------------------|
| 3 | Quebra instrumentación | 02004-03 | TORNILLO ALIMENTADOR DE ENVASES |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

TIEMPO UTILIZADO: 16 Horas
TIEMPO OPERACIONAL: 16 Horas
TIEMPO RUTINARIO: 0,033 Horas
TIEMPO PRODUCTIVO: 15,967 Horas
TIEMPO IMPREVISTO: 0,75 Horas
TIEMPO EFECTIVO: 15,217 Horas
TIEMPO PLANIFICADO SIN PRODUCCION: 0 Horas
TIEMPO NO UTILIZADO: 8 Horas

EFICIENCIA PRODUCTIVA: 95,308 %
EFICIENCIA OPERACIONAL: 95,106 %

Figura 16. Eficiencia operativa y productiva en el sistema PAMCO DEMO.

De acuerdo a los resultados existentes en la tabla, para comodidad del usuario los datos se pueden migrar a un editor de texto como msword o inclusive staroffice. La anterior acción se logra por medio del botón “Exportar Datos” y nos genera un informe como el siguiente:

LISTADO DE CÓDIGOS DE PAROS PRODUCTIVOS EN LA LÍNEA #2 DE SALSAS OSCURAS

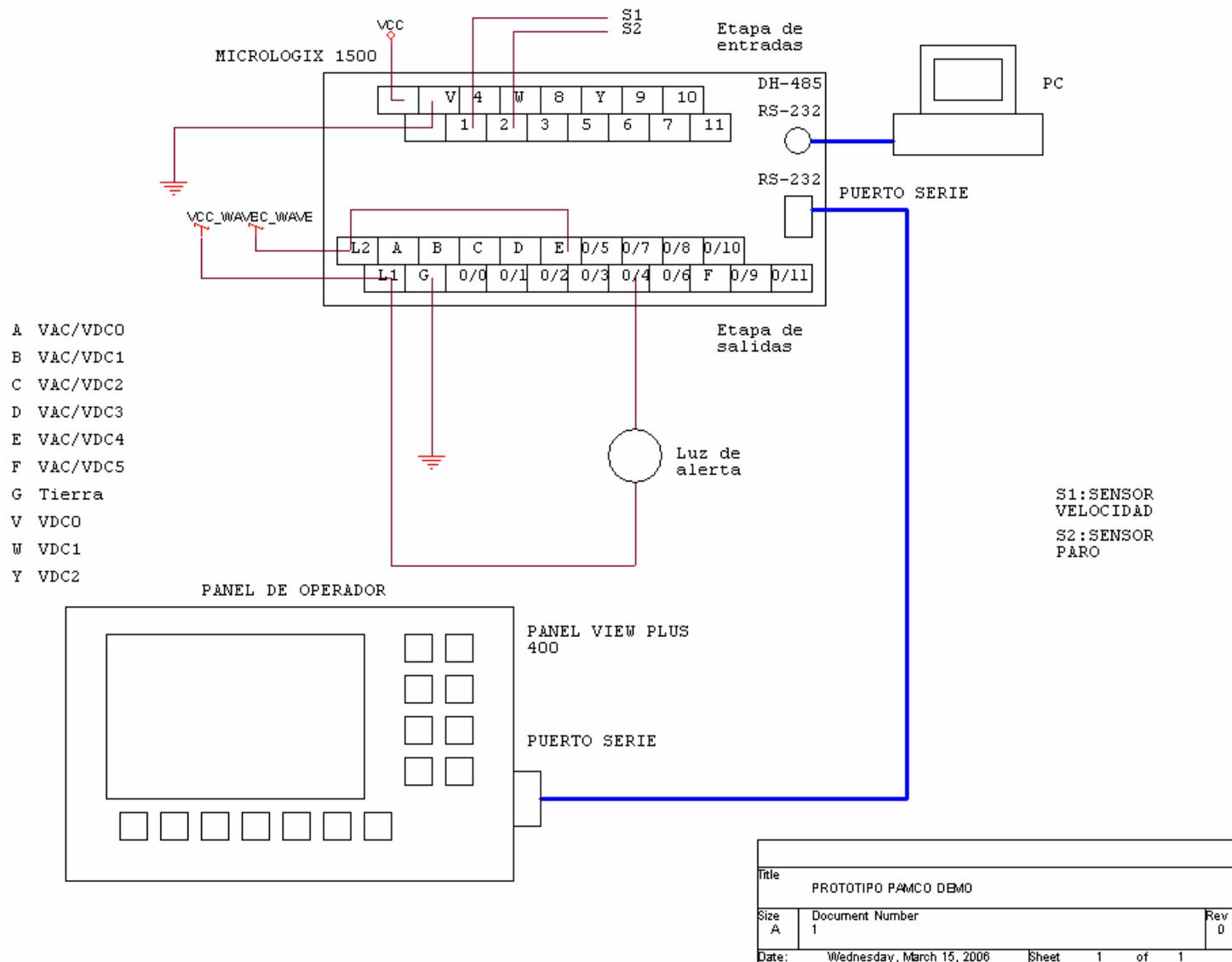
FECHA: 27 / 11 / 2005

PAMCO: 1
DESCRIPCION: Quiebra mecánica
SUBCONJUNTO: 02001-01
DESCRIPCION: PANEL DE CONTROL
ETAPA DE LA LINEA: SOPLADORA BOTTLERS
TIEMPO (Horas): 0,25

PAMCO: 1
DESCRIPCION: Quiebra mecánica
SUBCONJUNTO: 02001-03
DESCRIPCION: ESTRELLA DE ENTRADA
ETAPA DE LA LINEA: SOPLADORA BOTTLERS
TIEMPO (Horas): 0,017

Figura 17. Reporte generado

A.5 Diagrama eléctrico.



A.6 Comunicación radio MODEM:

Por problemas con el presupuesto se descartó la colocación de un sistema de transmisión inalámbrica, pero se investigaron algunas tecnologías útiles para este propósito:

El WISE-B-900 PLC Ethernet Radio especial para sistemas de SCADA

Características:

1. Transmite y recibe a 900 MHz de frecuencia.
2. Compatible con diferentes marcas de dispositivos industriales para efectuar redes inalámbricas, permitiendo obtener datos en el medio industrial y control de equipos por medios remotos.
3. La dirección IP es configurable.
4. Es un excelente puente de comunicaciones entre controladores industriales, sistemas de adquisición de datos SCADAS y sensores.
5. Puede transmitir a más de 40 Km de distancia con un margen de caída de señal de 20 dB.
6. Excelente inmunidad al ruido cuando existen más de estos equipos trabajando.
7. Posee repetidores de radio para distancias mayores a las 40 Km.

En la figura A.6.1. se observa el radio MODEM para confección de redes ethernet inalámbricas.



Figura A.6.1. Radio MODEM EI WISE-B-900 para comunicación ETHERNET inalámbrica.

PlantLinc PLR5000— Módem Industrial Inalámbrico en Serial para Banda de 900 MHz

Características

1. Opera en la banda 902-928 MHz.
2. Rango establecido de 6.5 km con una línea-de-vista sin obstrucciones
3. Incluye un modo Repetidor para poder operar alrededor de obstrucciones.
4. Excelente inmunidad al ruido usando la tecnología de frecuencia ajustable
5. Capacidad para manejar tasas de información de hasta 38.4 Kbps
6. Puede manejar arquitecturas de punto a punto y de punto a multi-punto

PlantLinc 5000 (modelo PLR5000) es un módem de radio industrial de serie RS232 diseñado para llevar a cabo comunicaciones con controladores de rango corto de hasta 6.5 kilómetros (4 millas). Opera en la banda 902-928 MHz, sin licencia, utilizando las técnicas de transmisión de frecuencia ajustable para obtener una excelente confiabilidad en ambientes ruidosos de planta.

El modelo PLR5000 puede ser usado para aplicaciones dentro de planta incluyendo redes PLC, recolección de información, sistemas móviles (grúas, sistemas de bandas transportadoras, automatización de almacenes) así como comunicaciones SCADA en exteriores para estaciones de bombeo remotas y subestaciones. Tiene capacidad para manejar todos los protocolos en serie comunes incluyendo DF1, Modbus ASCII, Modbus RTU, DNP 3.0 y Optimux con tasas de información de hasta 38.4 Kbps.

El modelo PLR5000 es configurable en planta y tiene la capacidad de manejar a un buen número de modos operativos incluyendo el Master, Remoto, Repetidor “Store-and-Forward” y el modo Remoto/Repetidor para mayor flexibilidad. Puede adaptarse a la mayoría de los proyectos inalámbricos de

planta usando antenas fáciles de instalar como la omni direccional o la antena yagi cuando se requiera de una señal más fuerte.

Módem Inalámbrico con interfaz RS-232/RS-485

El SST-900EXT es un radio módem de espectro extendido con puerto de interface RS-232/RS-485. Está diseñado para la adquisición de datos y control de aplicaciones entre el host y los sensores remotos. Es también útil para esos usos en donde los cables son incómodos de instalar. El SST-2450 puede ser usado no solo en modo punto a punto sino también estructura multi-punto

Características:

1. Half-duplex hasta de 57600bps
2. Full-duplex o Half-duplex
3. Distancia de la comunicación: Depende de la antena externa, por defecto es de 300 mts.
4. Rango de Frecuencia: 2.4GHz (2410.496MHz ~ 2471.936MHz)
5. Espacio de Canal: 4.096MHz
6. Potencia de Salida: 0.05W

En la figura A.6.2 se muestra una interfase para transmisión inalámbrica.



Figura A.6.2 Módem Inalámbrico con interfase RS-232/RS-485

Radio Módem DatraxRF

Características:

1. Bajo consumo. Perfecto para aplicaciones alimentadas con baterías. Muy pequeño.
2. Fácil de integrar. Protocolo de red simple. Interfase serial RS-232 y RS-485.
3. Frecuencia: 902-928 MHz o 2.4-2.5 GHz
4. Interfase de datos serial asincrónico (RS-232 y RS-485)
5. Rata de transferencia 1200 hasta 57,600 bps
6. Sensibilidad de recepción: 116 dBm (1200), -110 dBm (9600). -107 dBm
7. Potencia de transmisión: 100 mW nominal
8. Alcance bajo al aire libre: 11 Km con antena dipolo, >20 Millas. antena de alta ganancia.

La figura A.6.3. muestra el MODEM inalámbrico DataraxRF.



Figura A.6.3 MODEM Inalámbrico con interfase DataraxRF