

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

COMPONENTES INTEL DE COSTA RICA S.A.

Implementación de la Línea Automatizada de Inspección de Carriers.

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller en
Ingeniería Electrónica.**

Keiner Morales Rojas

Cartago, Julio de 2002

A mis padres, los cuales me apoyaron en todos los aspectos durante toda mi etapa de aprendizaje...

Este documento es la recopilación de conocimientos adquiridos durante los años de estudio. Desde el principio: en la adquisición de habilidades y conocimientos básicos como técnico en electrónica, hasta estudios avanzados como estudiante de ingeniería, muchas personas me han ayudado en mi mejoramiento como persona y como profesional. Como muestra de agradecimiento a Dios, mis padres, hermanos, amigos, profesores y seres queridos, aporto mi mejor esfuerzo en el desarrollo de este proyecto.

Sin restarles importancia, le agradezco enormemente a todas las personas que me abrieron las puertas en Componentes Intel de Costa Rica S.A., los cuales, me orientaron en todo momento y me aconsejaron muy profesionalmente para poder cumplir con el objetivo principal del proyecto.

Resumen

Como proyecto de graduación del grado bachillerato en Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se procedió con la implementación del proyecto: Implementación de la Línea Automatizada de Inspección de Carriers, para la empresa Componentes Intel de Costa Rica. La primera etapa explica en qué consiste la actividad principal de ésta empresa multinacional, así como, una explicación detallada del problema a resolver. Intervienen aspectos de índoles diferentes, ya que se encuentran afectadas las ramas productiva y económica.

Por medio del estudio de la problemática, se estipulan una serie de objetivos que hacen posible la definición de la metodología cronológica del desarrollo del proyecto. Por medio de la colaboración de expertos en diferentes ramas, se logra armar la línea con equipo de segunda mano, que se encontraba almacenado en bodega con bajo valor para la empresa. Como consecuencia y por medio del análisis, modificación de características y hasta reparación del equipo usado, se logra la definición de las variables a controlar por medio de un computador.

Mediante métodos de investigación y estudio de distintos paquetes para desarrollo de aplicaciones, se demostrará en el informe que el programa LabVIEW 6i[®] cuenta con características especiales que lo posicionan como la herramienta más adecuada para el manejo de la nueva Línea de Inspección de Carriers. De esta manera, el manejo de la base de datos creada en Microsoft Access[®], y el control de las diferentes señales de entrada y salida, son totalmente manipuladas por medio del programa principal y de la tarjeta de adquisición de datos. Cada uno de los diagramas de flujo se encuentran explicados detalladamente.

Finalmente, se presentan las conclusiones más importantes para cada uno de los métodos utilizados con las respectivas recomendaciones. Entre ellas se puede mencionar que para la creación de una línea de automatización de procesos, es necesaria la creación de procedimientos y funciones que no dependan de resultados anteriores, ya que provocan que el programa principal se mantenga en espera y por ende no posibilita el ingreso de *n* unidades al proceso.

Palabras Claves: AOI, Bases de Datos, Carrier, Cortina Láser, Detector Pandeo, ID Matriz, Intel, Inspección Visual, LabVIEW, Línea Automatizada, MS Access, SMEMA.

Abstract

This document shows all details related with graduation's project for Electronics Engineer career into Instituto Tecnológico de Costa Rica. Project was developed inside Componentes Intel de Costa Rica with the name: Automated Carrier Inspection Line (ACI). Also, shows how to join a controller I/O system with a database in order to save different results.

First part provides general information about Intel Corporation in Costa Rica such major activities and detailed problem description. Information is focused in two different aspects: productivity and economics.

Help provided by different tools experts make possible to put together all used equipment. Those tools represent reduced cost machines for Intel, stored into a cellar or building. Analysis and some modification for each tool were required, and this work focus the mission to define all variables needed. A PC controls entire system.

Next, software package studying and investigation was necessary to identify the best implementation tool. This document will show that LabVIEW 6i was the best choice, because has specials characteristic such hardware and software capabilities. In addition, include toolkits for database connectivity and special procedures for easy-way variables control. The database creation was implemented in Microsoft Access[®], with table relationship properties. Each one represent specific information and the principal's is a cross point reference table.

Finally, some conclusions and recommendation for each mythology item are numbered. The follow is an example: in order to create an automated line, is fully necessary to create independent procedures and functions because the principal program must to control n units. Depended procedures wait for results, which make the principal program slowly and information lost issues.

Key Words: AOI, Automated Line, Carrier, Database, ID Matrix, Intel, LabVIEW, MS Access, Omron Z24LC, SMEMA, Visual Inspection, Warp Detector.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	9
1.1 Descripción de la Empresa	9
1.1.1 Descripción General	9
1.1.2 Descripción del Departamento donde se desarrolló el proyecto	10
1.2 Definición del problema y su importancia	11
1.3 Objetivos	16
Capítulo 2: Antecedentes	18
2.1 Estudio del problema a resolver	18
2.2 Requerimientos de la empresa	19
2.3 Solución Propuesta	20
Capítulo 3: Procedimiento Metodológico	25
Capítulo 4: Descripción del Hardware utilizado	29
4.1 Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527	29
4.2 Sensor de Cortina Láser Omron Z4LC	33
4.3 Lector de Matrices de 2 Dimensiones	37
Capítulo 5: Descripción del Software del Sistema	40
5.1 Programa Principal	45
5.2 Base de Datos	49
Capítulo 6: Análisis de Resultados	52
6.1 Explicación del Diseño	52
6.1.1 Unloader	52
6.1.2 Lector de Matrices de 2D	53
6.1.3 Detector de Pandeo	54
6.1.4 AOI	55
6.1.5 Análisis Estadístico	56
6.1.6 Enrrutador o Turn Table	60
6.1.7 Programa Principal	61
6.2 Alcances y Limitaciones	69

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones	72
7.1 Recomendaciones	74
Bibliografía	75
Apéndices y anexos	76
Apéndice A.1	76
Anexo B.1	77
Anexo B.2	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Organigrama Resumen de la empresa	10
Figura 1.2	Carriers utilizados para el proceso de ensamblaje como medio de transporte o de trasiego para los microprocesadores	12
Figura 1.3	Vista superior del Carrier donde se muestra el posicionamiento del resorte entre los agujeros cuadrados donde se insertan los sustratos	13
Figura 2.1	Diagrama de primer nivel para la línea automatizada de inspección de Carriers	20
Figura 2.2	Diagrama de Bloques de segundo nivel de la Línea de Inspección de Carriers	22
Figura 4.1	Fotografía de la NI 6527	29
Figura 4.2	Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527	30
Figura 4.3	Fotografía del sensor Cortina Láser Z4LC	33
Figura 4.4	Principio de funcionamiento del sensor Cortina Láser Z4LC	33
Figura 4.5	Diferentes aplicaciones del sensor de cortina de láser en la industria	34
Figura 4.6	Ejemplo de medición de lectura de Diámetro	34
Figura 4.7	Fotografía de las I/O que presenta el controlador del sensor de Cortina Láser	35
Figura 4.8	Ejemplos de Discriminación producida por el Controlador del Sensor	36
Figura 4.9	Ejemplo de aplicación de la marca de matriz de 2D en diferentes tipos de metales	37
Figura 4.10	Ejemplo una Matriz de Datos	39
Figura 5.1	Ejemplo de Interfase Grafica para un Reactor Químico creada por medio de LabVIEW	43

Figura 5.2	Ejemplo de implementación de un programa de análisis de señales, por medio de LabVIEW 6i	44
Figura 5.3	Compatibilidad Multiplataforma de LabVIEW 6i	44
Figura 5.4	Diagrama de flujo para el proceso de Inicio de Inspección de Carriers	46
Figura 5.5	Diagrama de Flujo General del Proceso de Inspección para el programa principal de la Línea de Inspección de Carrier	47
Figura 5.6	Diagrama Relacional de la Base de Datos para la Línea Automatizada de Inspección de Carriers	49
Figura 6.1	Vista superior de las bandas transportadoras que realizan la Prueba de Pandeo para los distintos Carriers	53
Figura 6.2	Ubicación del sensor de pandeo entre las bandas transportadoras	54
Figura 6.3	Distribución de Zonas con Mayor Incidencias de Suciedad para el Carrier	58
Figura 6.4	Ejemplo de detección de una incidencia de epóxico mediante al herramienta de inspección visual o AOI	59
Figura 6.5	Ejemplo de detección de resortes en mal estado	59
Figura 6.6	Enrrutador en la posición 0°	60
Figura 6.7	Enrrutador en la posición 90°	61
Figura 6.8	Diagrama de Flujo del procedimiento Inspeccionar Carrier	63
Figura 6.9	Registro temporal de Resultados creado en LabVIEW	64
Figura 6.10	Registro temporal de Resultados después de haberse detectado contaminantes por parte de la AOI	65
Figura 6.11	Diagrama de Flujo del procedimiento Control de Enrrutador	67
Figura 6.12	Detección falsa de suciedad en la superficie de una unidad rayada	70
Figura 6.13	Vista superior del proceso de trasiego del Carrier a través del Sensor de Pandeo o cortina láser	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1	Comportamiento del programa principal para los posibles resultados contenidos en un registro temporal	66
------------------	---	----

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción de la Empresa

1.1.1 Descripción general.

La realización del proyecto se llevó a cabo en Componentes Intel de Costa Rica, la cual, forma parte de la Transnacional Intel Corporation, que normalmente emplea a más de 85 000 personas alrededor del mundo. Dicha empresa fue fundada el 18 de julio de 1968 y tiene plantas en diferentes puntos estratégicos en el orbe.

Intel de Costa Rica cuenta con una planilla de alrededor de 2000 empleados y es dirigida por la gerente general Pat Raburn (site manager.) La actividad principal de esta empresa es la fabricación de microprocesadores de los cuales, actualmente, los productos más conocidos en el mercado son los procesadores Celeron, Pentium III y IV (Desktop PC's), así como procesadores para servidores.

En Costa Rica, la primera planta de producción inició sus operaciones a principios de 1998 y la segunda planta comenzó a operar en 1999. Desde entonces, se ha producido un fuerte impacto en la economía costarricense, aumentando significativamente las exportaciones. La planta de producción es de Ensamblaje y Prueba (Assembly/Test), por ende, el producto se vende con alto valor agregado directamente al consumidor o bien a los grandes fabricantes de computadores o de equipos que requieran de un microprocesador de alto desempeño y rendimiento.

1.1.2 Descripción del Departamento donde se desarrolló el proyecto.

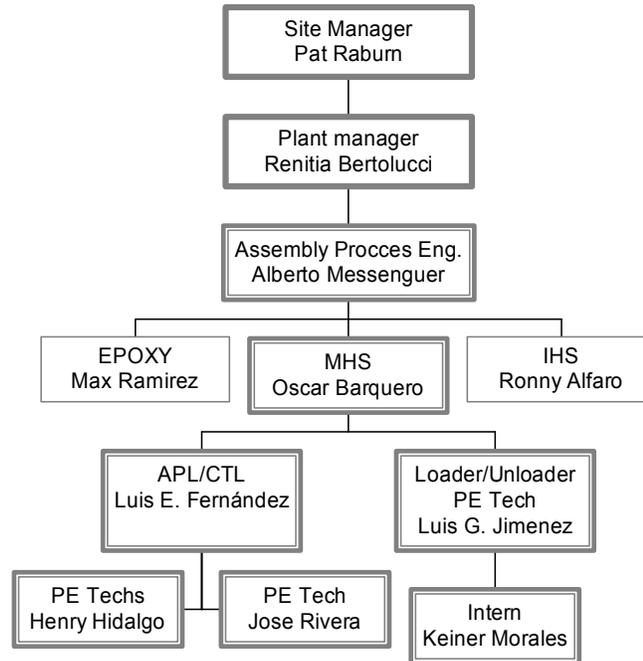


Figura 1.1 Organigrama Resumen de la empresa.

Intel Corporation es una empresa que cuenta con muchos departamentos, los cuales tienen diferentes funciones y tienen como objetivo general la realización de un equipo de trabajo de alta confianza con pasión por los resultados. El departamento donde se realizó el proyecto se llama Sistemas para el Manejo de Materiales (MHS, Material Handling System), el cual es una dependencia del departamento de Ingeniería en Procesos de Ensamble (Assy PE) dirigido por Alberto Messenguer y cuenta con un total de 61 colaboradores. En la figura 1, se muestra un organigrama resumen de las jerarquías que están más involucradas con el módulo o sub-departamento MHS.

El coordinador de este sub-departamento es el Ing. Oscar Barquero Mora; junto con él suman en total 3 ingenieros: Ing. Henry Mora y el Ing. Luis E. Fernández. Además, se puede denotar de la figura que, en total es una división que cuenta con 6 miembros y los tres restantes son Técnicos de proceso (PE Techs).

Las funciones principales de esta sección de Intel, es la de diseñar nuevos sistemas para el mejoramiento continuo de procesos de planta, soporte o apoyo a las diferentes actividades de manufactura y la instalación y calificación de nuevos equipos. Además, dentro de estas actividades, específicamente le interesan el buen funcionamiento de equipos automáticos para el trasiego de unidades o productos de un módulo a otro o bien entre medios (bandejas plásticas, Carriers¹ metálicos.)

Este departamento, continuamente se encuentra trabajando con nuevos equipos con tecnología de punta, por ende, tiene que tener a disposición herramientas con las mismas características. Algunos de los recursos disponibles son dispositivos para montaje superficial, prueba y medición de robots de planta, computadoras disponibles para programación, presupuesto para compra de sensores, controladores, actuadores neumáticos, etc. Por otro lado, se tiene a disposición una gran base de datos en Intranet, en donde se encuentra una serie de instaladores de software para diferentes tipos de aplicaciones.

1.2 Definición del problema y su importancia.

Para garantizar que siempre exista mercado y que éste a su vez prefiera el producto, Componentes Intel de Costa Rica debe seguir una serie de pasos y estatutos internacionales que puedan garantizar estos puntos. Para ello, se realizan una serie de pasos y pruebas rigurosas de alta calidad para que únicamente salga al mercado el producto de mejor clase. Además, para suplir la demanda, se debe contar con líneas de producción robotizadas que permitan una producción en serie, repetitiva y de alta velocidad. De esta manera, es justamente en el trasiego de material entre robots, en donde entra en funcionamiento el departamento MHS. Para lograrlo, este departamento tiene que tomar las medidas necesarias para que no exista ningún tipo de problema o traba entre los diferentes módulos desde que

¹ El nombre "Carrier" se refiere a portador de unidades dentro del proceso de producción. Por recomendación de la compañía, no se aplica la traducción de esta palabra dentro de este documento.

comienza el proceso de ensamblaje del microprocesador hasta que finaliza, porque repercute precisamente en atrasos en la producción o la pérdida de chips por fallas de diferentes tipos.

Para iniciar con la explicación de esta sección, es necesario conocer primeramente como es que se transportan los sustratos² dentro del proceso de ensamblaje.

En la figura 1.2, se muestra un Carrier con sus respectivos resortes, los cuales se encuentran entre los agujeros cuadrados. Es precisamente aquí donde se colocan los sustratos (que tienen las dimensiones exactas del agujero para que no existan espacios vacíos entre ambos.) Cuando se encuentra lleno el Carrier, los resortes deben de quedar de tal manera que ejerzan una presión hacia los sustratos y por ende estos quedan sujetos al Carrier.

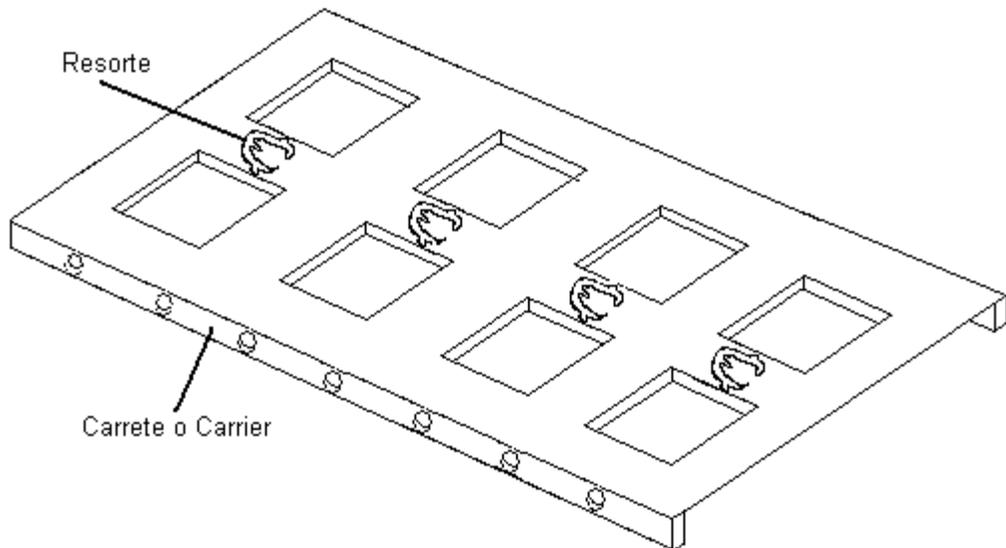


Figura 1.2 Carriers utilizados para el proceso de ensamblaje como medio de transporte o de trasiego para los microprocesadores

² Sustrato se refiere a un circuito impreso pequeño donde se solda el die de silicio. Es la base de todo el proceso, pues sobre él se encuentra toda la estructura de silicio (die) que conforma el microprocesador.

Todo el proceso de colocado de los sustratos se realiza en un robot. Este dispositivo se encarga, en primer lugar de contraer el resorte y seguidamente un brazo coloca, por medio de una serie de mediciones concéntricas, los sustratos en forma paralela. Una vez situados, el brazo libera nuevamente el resorte y este se expande prensando los sustratos.

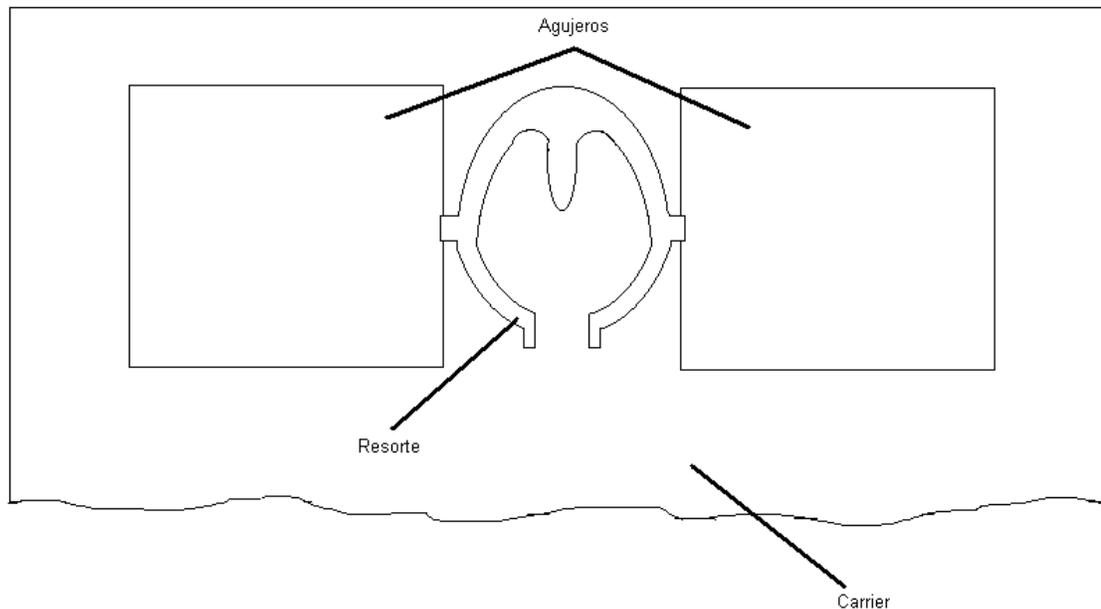


Figura 1.3 Vista superior del Carrier donde se muestra el posicionamiento del resorte entre los agujeros cuadrados donde se insertan los sustratos.

La figura 1.3, muestra la forma del resorte y como se encuentra ubicado con respecto a los agujeros cuadrados de tal manera que en los extremos de este existe una especie de espaciador que permite el contacto con los sustratos que se encuentren colocados.

Una vez que salen los Carriers llenos, comienza el proceso en la planta, por lo que desde el inicio, el dispositivo se encarga de transportar los microprocesadores hasta la etapa de prueba (una de las últimas del proceso.) El Carrier debe estar siempre en buenas condiciones para que las unidades sean transportadas correctamente. Además, tienen que ser de buena calidad, pues dentro de las líneas existen secciones en donde se someten a cambios de temperatura bruscos u otros

medios rigurosos. Dentro de la línea de producción, el Carrier es descargado por un procedimiento muy parecido al de carga y son nuevamente enviados al principio del proceso.

Sintetizando, no existe ningún dispositivo que se encargue de realizar una inspección del Carrier, de tal manera que pueda detectar si éste se encuentra en mal estado. En términos técnicos, los Carriers cuentan con tres problemas principales:

1. **Suciedad:** si el Carrier se encuentra sucio³, al principio de la línea de producción provoca que el sustrato no quede bien montado, evitando que el resorte pueda tensar adecuadamente las unidades y de esta manera se pierden los microprocesadores al salirse del orificio.
2. **Pandeo del Carrier:** como el movimiento de la línea de producción es cíclico para los Carriers, se presenta el caso de que éstos se pandean, de tal manera que si se colocan sobre un área plana, la parte inferior del mismo no queda totalmente en contacto con la superficie plana. Este problema también provoca que los sustratos se caigan o se dañen con el movimiento de los diferentes brazos mecánicos, pues con el pandeo, los sustratos no quedan a la misma altura.
3. **Mal aseguramiento de las Unidades:** además se presenta la situación de que la colocación de los resortes en el Carrier no resulta homogénea, es decir, que no se encuentran lo suficientemente centrados entre los agujeros del Carrier, o bien, que por el vaivén de los mismos, la abertura normal del resorte varíe. Estos defectos dan

³ La única manera de que se ensucie afectando la producción es por medio de residuos de un polímero que se le aplica al sustrato, el cual, cuando seca, tiende a solidificarse.

como consecuencia que las unidades queden mal colocadas, y con cualquier vibración de la línea, se pierden más microprocesadores.

Estos son los problemas que se intentan atacar, pues, al estar perdiendo unidades dentro de una producción tan impresionante, produce efectos negativos en los campos que a continuación se especifican:

Se denotan secuelas en la producción, porque se tienen serios problemas dentro de las líneas de trabajo relacionados con el caso, lo cual requiere de una modificación inmediata. Además, se está planeando un incremento en la producción significativo y para entonces, se necesita la producción al 100%. Además, este inconveniente representa pérdidas económicas muy elevadas para la compañía. Se han realizado estudios que determinan que \$20.000 mensuales se cuantifican como pérdidas debido a sustratos dañados o malogrados por causas relacionadas a este tipo de problema. Todos estos efectos están repercutiendo negativamente a corto plazo.

Solamente las pérdidas que este problema trae a la corporación, le otorga el título de alta prioridad, por ende se decidió dentro del departamento una disponibilidad prioritaria de una persona para atacar el problema. Por otra parte, la empresa pretende resolver el problema por medio de la reutilización de equipo usado que se encuentra en bodega, esperando que alguien lo compre o bien que se reutilice. De esta manera, Intel Corporation presenta como expectativas al resolver el problema la disminución del porcentaje de rechazos de unidades por desperfectos de Carriers hacia un 0.015%.

1.3 Objetivos

Entre los objetivos logrados con la implementación del Módulo Automatizado de Inspección de Carriers se destacan los siguientes:

1. Definición de las variables necesarias para lograr el establecimiento de una línea totalmente automatizada, para que cumpla con la tarea asignada: inspección de la integridad de los Carriers.
2. Investigación conforme a los requerimientos preestablecidos, cuál fue el software más conveniente para la fabricación del programa principal de la PC, que permita un mayor control del proceso, de la manera más amigable.
3. Determinación del tipo de interfase software / hardware que mejor se adapte a la solución.
4. Realización de una base de datos para el almacenaje resultados de inspección para cada uno de los Carriers.
5. Definición de las zonas más propensas del Carrier para que se contaminen con materiales extraños, por medio de la obtención de datos dentro del piso de producción.
6. Realización de ciertas modificaciones estructurales entre las diferentes herramientas de la línea, para que se encuentren capacitadas para lograr el trasiego de Carriers.

7. Implementación de una nueva secuencia de programa para la herramienta llamada AOI⁴, con el fin de reutilizar el equipo para que pueda corroborar la integridad del Carrier mediante análisis de imágenes y los resultados estadísticos de las zonas con mayor incidencia.

8. Confección del programa de control de la línea de Inspección, de tal manera que interprete los resultados obtenidos para las diferentes pruebas, los analice apropiadamente y los guarde en la base de datos.

⁴ Proveniente del inglés "Automated Optical Inspection". Se encarga de la inspección visual del Carrier.

Capítulo 2

Antecedentes

2.1 Estudio del problema a resolver

Ciertos indicadores de producción se refieren al porcentaje de unidades que se han perdido durante el proceso de producción, ya que se han abatido del Carrier por factores externos. Para lograr estabilizar los índices de pérdidas, comienza el desarrollo de un sistema que permita llenar ciertos vacíos en el sistema de producción, los cuales se encontraban sin ningún tipo de control y como consecuencia provocaba inestabilidad del sistema.

La pérdida de unidades es un factor que se encuentra estrechamente relacionado con la integridad física del Carrier, lo cual permitió el enfoque directo con el problema. Al encontrarse los diferentes robots del área de producción con daños en el Carrier (suciedad, pandeo o resortes dañados), tiende a inestabilizar los sistemas de control, lo que provoca un manejo de unidades erróneo y en secciones críticas de la línea de producción, se desploma el producto.

Para el departamento de control de calidad, una unidad caída significa una baja en producción, lo que es una responsabilidad del departamento MHS.

Al no existir un sistema de control de la integridad física de los Carriers, no solamente produce inestabilidad en los controles de producción. Existe además, un descontrol de la calidad de los mismos.

Al ser el mecanismo de producción cíclico, no se determina con certeza cuántas veces un mismo Carrier ha pasado en un tiempo determinado. Por otro lado, Componentes Intel de Costa Rica no tiene su propio sistema de control que le permita garantizar la calidad de estas piezas. Para los fabricantes de Carriers, en condiciones normales de funcionamiento, el período normal de vida para cada uno de ellos es de 200 ciclos.

La calidad de los Carriers es responsabilidad de la compañía y al no haber un registro de estas variables, representa un sistema ineficiente por sí solo. No se puede comprobar si las expectativas de vida de la compañía fabricante se está cumpliendo o si no corresponde para el caso de Intel. Por otra parte, no existen indicadores reales para permitir reclamos en cuanto a la calidad del Carrier en sí.

Como consecuencia de la inexistencia del sistema de control de Carriers, se encuentra la ausencia de separación de los mismos. Se debe discernir entre un Carrier en buenas condiciones y uno en malas condiciones de manera efectiva. Este aspecto también produce descontrol en el sistema productivo, logrando, incrementos significativos en los índices de pérdida de unidades.

2.2 Requerimientos de la empresa

Dentro de los requerimientos básicos de la empresa, se incorporaron una serie de estatutos que se deben de cumplir. Entre estos se destacan los siguientes:

- Utilización de herramientas usadas y con bajo valor agregado para la empresa: para poder llevar a cabo el Proyecto de Graduación, se debía de partir de módulos que con anterioridad Intel utilizaba para la fabricación de componentes (primordialmente el Pentium II®), que se encontraran en desuso en bodega y que consecuentemente resultan de bajo valor para la compañía.
- Debía lograrse con un presupuesto de \$15000: para toda la elaboración del proyecto, se contaba con \$15000 predispuestos para cualquier tipo de compra necesaria.
- Con un índice de unidades por hora aceptable: una de las principales características que debe de tener cualquier línea dentro del piso de producción, es que sea eficaz en cuanto a velocidad de análisis, prueba o ensamblaje. Entonces, si el sistema es lento, no se podría lograr el tener los Carriers preparados para un nuevo ciclo de producción.

- Permita la utilización para los diferentes tipos de Carriers existentes dentro del piso de producción: la intención es que el diseño del módulo se preste para correr todos los tipos de Carriers que existen dentro de la planta de producción, sin tener que invertir mucho tiempo para lograr el cambio (en caso que se requiera.) Cabe decir en esta parte, que dentro de los objetivos específicos no se considera este aspecto, pero se espera que las modificaciones necesarias en las herramientas del módulo, permita el trasiego de las diferentes unidades.

2.3 Solución propuesta

El sub-departamento MHS, desde agosto del 2001, se ha propuesto formular un plan de solución, el cual, cuenta con la mayoría de las partes del megaproyecto. Lo que se realizó es una nueva línea en la planta de producción, pero ésta tiene la particularidad de que no es para la fabricación de algún producto. Más bien, la función de ésta es la del chequeo y análisis de los Carriers, de tal forma, que pueda detectar el problema y separarlos de los que se encuentran en buenas condiciones. En resumen, la intención es implementar un sistema automatizado que funcione de tal forma, que cuando entre un magazín⁵ de Carriers, a la salida se reflejen dos tipos de magazines: uno lleno de Carriers buenos y otro con Carriers defectuosos.

El diagrama de primer nivel se presenta en la figura 2.1 en donde se muestran gráficamente las entradas y salidas de la línea de inspección:

⁵ Magazín se refiere a una especie de caja donde se apilan los Carriers, de tal manera que sea de fácil acceso para un equipo el extraer y colocar Carriers dentro de este.

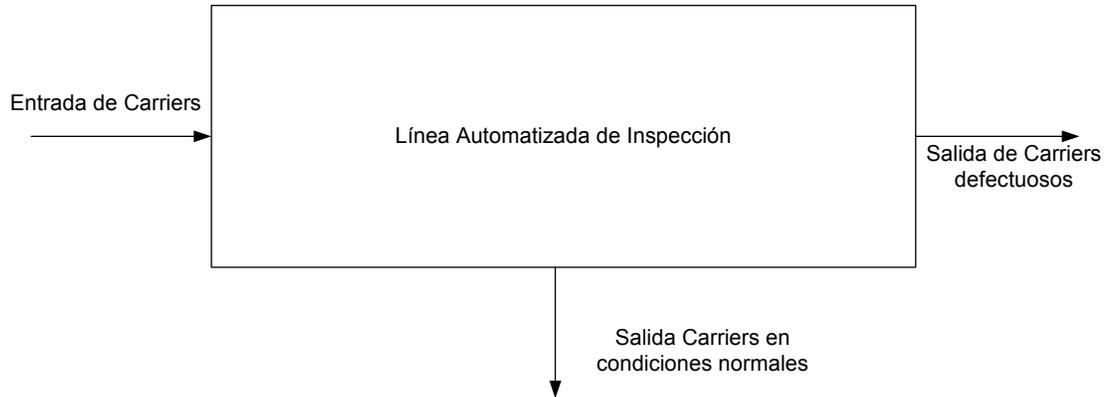


Figura 2.1 Diagrama de primer nivel para la línea automatizada de inspección de Carriers.

Dentro de la planta de producción es normal encontrarse con los magazines, y ellos se encuentran llenos de Carriers. Estos tienen capacidad para 25 Carriers y cada Carrier tiene un límite de 10 unidades.

Al principio de las líneas se encuentran siempre unos dispositivos llamados unloaders⁶ (descargadores), que se encargan únicamente de descargar los Carriers de los magazines; al final de la línea, se encuentran los loaders (cargadores) que realizan únicamente la función inversa. Para el caso de este proyecto se necesitarán 2 loaders y un unloader.

⁶ Por recomendación de la empresa, en todo el documento se referirá al descargador como Unloader y al cargador de Carriers como Loader.

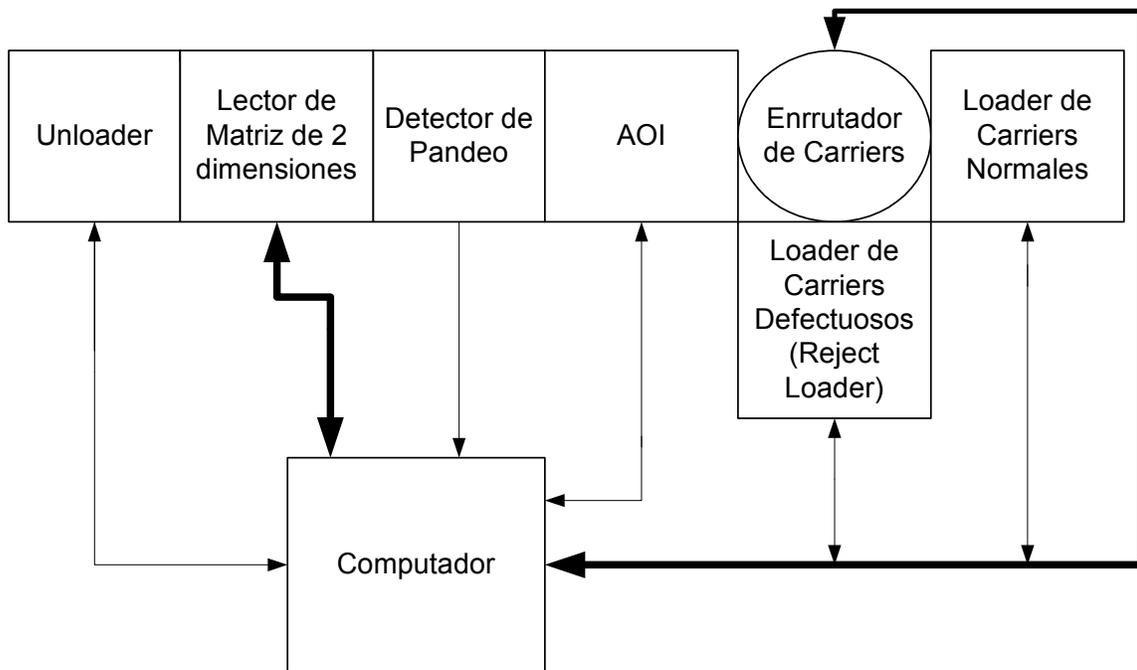


Figura 2.2 Diagrama de Bloques de segundo nivel de la Línea de Inspección de Carriers.

En la figura 2.2 se muestra un diagrama de bloques de segundo nivel, en donde se muestran las diferentes partes que tiene la línea de inspección. Cada uno de los bloques representa una maquina distinta y las funciones respectivas se detallarán más adelante. Nótese que en esta figura, todos los módulos se encuentran conectados a una PC, la cual se encargará de controlar todo el proceso y de almacenar una base de datos para permitir realizar un historial de los Carriers, de tal manera que se pueda determinar fácilmente el tiempo de vida, el número de veces que han pasado por inspección, los defectos que se han encontrado en él, etc. A continuación se presenta el detalle de cada uno de los bloques de la figura:

Loader/Unloader: Básicamente se encargan de suministrar Carriers al inicio y empaquetarlos dentro de los magazines apropiadamente. Ya se encuentran contruidos, por lo que únicamente hay que controlarlos.

Lector de Matriz de 2D: esta es una parte del megaproyecto que actualmente se encuentra ya diseñada y bastante adelantada. Este se encarga de la lectura de una matriz cuadrada que deberán tener los Carriers en la parte inferior para identificarlos correctamente. Como parte de este equipo, se deberá desarrollar un dispositivo láser que se encargue de marcar los Carriers metálicos con la numeración adecuada y con el tipo de información necesaria, pues se sabe que cada matriz tiene capacidad para 2 Kbits de información.

Detector de Pandeo: consta de dos sensores que forman una cortina láser y un controlador. Por medio de la manipulación de algunos parámetros se puede discernir entre un Carrier pandeado y uno en buenas condiciones, ya que el sensor se encarga de medir el ancho del mismo para después ser comparado con un valor estándar. Más adelante se explica con más detalle el dispositivo. Este módulo, junto con el anterior utilizan como medio de transporte para los Carriers una banda transportadora.

AOI: es el dispositivo que realiza la mayoría de las pruebas. Las siglas de esta herramienta vienen del nombre en inglés Inspección Óptica Automatizada (Automated Optical Inspection) y actualmente no se encuentra realizando ninguna función dentro del piso de producción. Esta herramienta se utilizaba para realizar una inspección visual de la superficie de los microprocesadores para detectar si algunos de los componentes estaban correctamente ubicados. De esta manera, se realizó una nueva receta o programa que permita la inspección del Carrier en ciertos puntos estratégicos para detectar si este se encuentra sucio o bien identificar si el resorte se encuentra mal colocado. La modificación de la AOI permitió la identificación de dos de los tres errores que presentan los Carriers y además, se encarga de enviar una señal al computador para que le indique si el inspeccionado pasó la prueba o no.

Enrutador de Carrier (Turn Table): esta herramienta se encarga de la separación de los Carriers en buenas condiciones de los defectuosos. Por medio del control de las señales SMEMA de entrada y de una línea de dirección de flujo, el

enrutador permite discernir el paradero final del Carrier. Para lograrlo, el programa principal debe de analizar los resultados de las diferentes pruebas y activar las señales necesarias para enviar el Carrier hacia el loader de unidades en buenas condiciones o en su defecto, al de rechazadas.

Computador o Controlador: la PC se encarga de dirigir todo el proceso de inspección por medio de los datos que recibe de los diferentes módulos. Además es capaz de almacenar dentro de una base de datos todos los resultados de los distintos Carriers existentes, para permitir el monitoreo de estos en el momento que sea necesario.

Capítulo 3

Procedimiento Metodológico

Lo referente a la metodología se encuentra muy relacionado con los objetivos. Para lograr el desarrollo del proyecto, se necesitó darle seguimiento a cada uno de los objetivos de la siguiente forma:

1. Para lograr el cumplimiento del primer objetivo: definición de las variables necesarias para lograr el establecimiento de una línea totalmente automatizada, fue necesario un estudio exhaustivo de cada una de las partes a controlar. Se requirió el acceso a manuales de fabricantes para cada una de las herramientas, con el fin de encontrar características relacionadas con tipo de señal: nivel de voltaje permitido, qué tipo de información provee, qué controla, etc. Principalmente, cada una las partes del módulo se encuentra gobernada por un PLC⁷. Cada uno de estos dispositivos suministra el control de la máquina de manera independiente, lo cual resultó muy útil para el desarrollo del proyecto. Únicamente para la herramienta de inspección visual o AOI, el sistema de control es conformado por una PC, pero al igual que los anteriores, funciona independientemente.
2. El análisis e investigación del software más conveniente para la fabricación del programa principal de la PC, se llevó a cabo por medio de demostraciones con expertos en cada caso. El primer paso se dió con el estudio del programa Visual Basic. Por medio de literatura relacionada, se investigó y creó una conexión total entre un programa piloto y una base de datos. El programa se encontraba muy adelantado hasta que se presentó el diseño de la interfase. Por medio de la herramienta LabVIEW, se logra la implementación de cualquier tipo de proyecto, por medio de tarjetas de adquisición de datos y con

⁷ Controlador Lógico Programable

una interfase que permite tanto a programador como usuario, un mayor entendimiento del proceso. Por medio de un curso introductorio y de bibliografía, se inició el proceso de implementación del programa principal: conexión a la base de datos, manipulación de señales E/S con la tarjeta de adquisición de datos, despliegue de resultados, etc.

3. La determinación del tipo de interfase software / hardware que mejor se adapte a la solución, se relacionó mucho con el estudio de las facilidades que provee una herramienta como LabVIEW. Este paquete es creado específicamente para desarrollo de aplicaciones que relaciona una PC con el mundo externo. Cuenta con muchos diferentes tipos de interfases para casi cualquier tipo de aplicaciones, lo cual, resultó de mucho provecho para el desarrollo del proyecto en cuanto a simplificación de problemas y aprovechamiento del tiempo.
4. La realización de una base de datos para el almacenaje resultados de inspección para cada uno de los Carriers, resultó una de las primeras etapas para el desarrollo del proyecto. La identificación de las características de la base de datos, se analizó por medio de reuniones con el sub-departamento. Los datos que primordialmente se necesitaban, fueron contadores, identificadores y registro de fechas para cada una de los resultados detectados. Se logró acomodar todos los parámetros por medio de 3 tablas relacionadas entre sí. Una vez fijadas las características, por medio de bibliografía y consulta con expertos desarrolladores, se logró plasmar la base de datos en MS Access, para su posterior manipulación por parte del programa principal.
5. La definición de las zonas más propensas del Carrier para que se contaminen con materiales extraños, se realizó por medio de la obtención de datos dentro del piso de producción. Con la ayuda de una contratista que se encontraba

revisando los Carriers manualmente y de un esquema con todas las zonas del mismo identificadas, se garantizó la ubicación de las distintas zonas en donde se encuentran materiales contaminantes dentro del Carrier. Esta información es de gran importancia para optimizar el tiempo de inspección visual del módulo.

6. Principalmente, la realización de modificaciones estructurales entre las diferentes herramientas de la línea, para que se encuentren capacitadas para lograr el trasiego de Carriers, se registró en la AOI o módulo de inspección visual. Se necesitaba un sistema de banda transportadora interna al módulo, que lograra el trasiego de todos los tipos de Carriers que se encuentran en el piso de producción. El diseño consistió en un cambio de una cubierta superior de la banda, por una con una mayor altura. Con respecto a las restantes máquinas, básicamente se demandaron ajustes en altura y calibración de las bandas.
7. La implementación de una nueva secuencia de programa para la herramienta llamada AOI, con el fin de reutilizar el equipo para que pueda corroborar la integridad del Carrier, se obtuvo por medio de la resolución una serie de objetivos tales como: obtención de resultados de las zonas con mayor incidencia y del cambio del tipo de banda de la AOI. El estudio de los diferentes parámetros del sistema operativo llamado OS9, que se encarga del control de la AOI, permitió el desarrollo de una nueva secuencia. Por medio de la ayuda de un experto en la herramienta, se logró darle mayor agilidad al proceso.
8. Por su parte, la confección del programa de control de la línea de Inspección, de tal manera que interprete los resultados obtenidos para las diferentes pruebas, los analice apropiadamente y los guarde en la base de datos, fue una de las etapas que primordialmente dependió de que la mayor cantidad de

eventos se finalizaran. Se necesitaba que todas las herramientas se encontraban en posición y funcionando correctamente; el alambrado entre las máquinas y la tarjeta de adquisición de datos finiquitado; la PC en perfectas condiciones. La unión de diferentes procedimientos, cada uno para una función particular, logró darle forma al programa principal de la Línea de Inspección Automatizada de Carriers. El primer paso del programa principal fue la confección de la conectividad con la base de datos y su manipulación. De ahí se partió al desarrollo de un arreglo de resultados, con procedimientos de borrado, inclusión y manejo de los diferentes campos para guardar cada uno de los valores que se iban presentando durante el trasiego de Carriers en el módulo. El desarrollo del programa principal, necesitó de repetidas consultas a los expertos y a la bibliografía que se encontraba en Internet.

Capítulo 4

Descripción del hardware utilizado

Para la implementación del proyecto se utilizaron muchas partes que podrían entrar dentro de la denominación de hardware utilizado. Por ende, para efectos de orden, únicamente se hará referencia al hardware que se adquirió con el propósito de cumplir con el objetivo principal. De esta manera, quedan excluidas las partes que ya de por sí, se explicaron en el capítulo 2, e iniciaremos con el desarrollo del capítulo.

Para la elaboración del controlador de la Línea Automatizada de Inspección de Carriers, fue necesaria la utilización de tres partes: la primera es la tarjeta de adquisición de datos, seguidamente el sensor de cortina láser y por último el lector de matrices de 2 dimensiones. A continuación se expondrá cada una con mayor detalle:

4.1 Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527:

Dentro de la Información General de esta tarjeta se presenta la siguiente información:

- 24 entradas aisladas (0-28 VDC.)
Básicamente el rango de entrada a estos voltajes se hace pues es necesario la manipulación de voltajes de hasta 24VDC, provenientes de los PLC que controlan cada uno de los módulos.
- 24 salidas aisladas con relé de estado sólido. Al trabajarse con



Figura 4.1 Fotografía de la NI 6527.

voltajes relativamente altos (24VDC), es más sencillo trabajar con relés que con transistores, además este tipo de dispositivos puede controlar más potencia.

- Capacidad de acople para más de 120 mA. Esto se encuentra estrechamente relacionado con las características del tipo de relés.
- Filtro Digital en las entradas.
- Alta Tecnología de Transferencia de Datos por medio de sofisticados controladores de Flujo.
- Fácilmente controlable por medio de LabVIEW. Esta es una de las cualidades más sobresalientes que tiene este tipo de tarjeta, ya que el programa principal utiliza una serie controladores prediseñados para permitir la manipulación de la tarjeta.

Este tipo de tarjeta es de 48 bits en paralelo, con aislamiento digital en entradas y salidas. En total contiene 24 entradas ópticamente aisladas y 24 salidas con relé de estado sólido. La tarjeta de National Instruments NI 6527 puede sensar niveles digitales que exceden los 28VDC y controlar en la salida hasta 120mA. Este sistema de aislamiento en las entradas y salidas de la tarjeta se encargan de proteger cualquier sistema de ruido y picos en las señales, y evita los problemas con las tierras. Permite la lectura de señales lógicas ya sean para niveles TTL o no. Cada uno de las entradas presenta dos pines, uno de los cuales es el pin de la señal y el otro su referencia. De esta manera, una caída de potencial desde 2 a 28VDC lo considera como un nivel alto. Por el contrario, una diferencia de potencial desde 0 hasta 1V como un nivel bajo. Este tipo de tarjeta tiene la característica de que puede aislar hasta 60VDC desde los pines de conexión hasta el computador.

Otras características que presenta este dispositivo se resumen a continuación:

Mensajería – Notificación de Cambio

El dispositivo tiene la capacidad de generar un mensaje cada vez que una o más entradas seleccionadas por el usuario cambie, ya sea de bajo a alto o viceversa. Cuando pasa esto, el controlador puede leer el estatus de cualquier otra entrada, fijar salidas o ejecutar alguna otra operación programada. Por medio de esta característica, se permite el monitoreo de líneas sin necesidad del polling, significando mayor eficiencia en el CPU.

Rebotes y Ruido de Línea

Cada entrada digital puede ser digitalmente filtrada para evitar un improvisado pico o falla afecte el estado de la línea. Cuando se utiliza la mensajería, bloques de filtrado se encargan de no provocar que se den cambios falsos, pues son provocados por eventos como ruido en la línea de entrada.

Salida Digital

Esta parte la conforman los 24 relés de estado sólido que pueden manipular corrientes relativamente altas y además niveles lógicos que sean niveles TTL o no. Por medio de la escritura de un cero lógico a una de las salidas, se logra que se cierren las conexiones del circuito. Caso contrario ocurre cuando se escribe un nivel alto. Los relés de estado sólido tienen la capacidad de controlar un máximo de 60VDC, 30V_{RMS} o 120mA y se encuentran totalmente aislados para más de estos valores entre el computador y los canales.

La tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527, posee en su salida la circuitería necesaria para protegerse contra corrientes transitorias que se encuentren sobre los valores máximos especificados. Cuando una corriente excesiva circula a través del relé, este limita la corriente hasta aproximadamente 260mA (típicamente.) En la figura 4.2 se muestra un diagrama de bloques general de este tipo de tarjeta. Se puede rescatar del mismo que posee 3 puertos de entrada (puertos 0..2) y 3 puertos de salida (puertos 3..5), cada uno accesible independientemente por medio del programa principal.

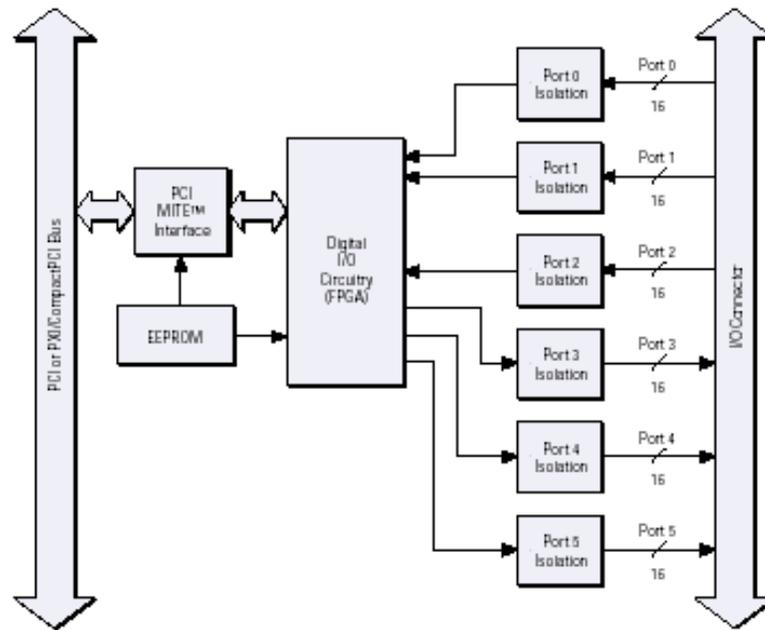


Figura 4.2 Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527.

Por defecto, los relés de estado sólido se encuentran abiertos (líneas digitales en alto), pero perfectamente el usuario puede configurar esta particularidad para cada línea de salida independientemente, por medio de una utilidad que posee el Programa de Desarrollo de Actividades.

Dentro del puerto de salida, la tarjeta aporta dos líneas de 5VDC para alimentar cualquier tipo de circuitos o configuraciones.

Para el desarrollo de un controlador basado en señales E/S⁸ para cualquier aplicación, necesariamente debe existir una interfase entre el computador y las diferentes herramientas que se controlarán (en este caso en particular). De esta manera, por medio de un análisis de las variables, se encontró que las señales provenientes de los PLC que gobiernan los submódulos (bandas transportadoras, etc) funcionan con valores de hasta 24VDC. Tomando en cuenta esta información, se procedió la búsqueda de una tarjeta de adquisición de datos que cumpla ampliamente con las posibles limitantes y que además permita una manipulación

⁸ Entrada y Salida Digital

relativamente sencilla, por medio del paquete de software LabVIEW. Este tema se ampliará con mayor detalle más adelante.

4.2 Sensor de cortina láser Z4LC de Omron



Figura 4.3 Fotografía del sensor Cortina Láser Z4LC.

El sensor Z4LC es un dispositivo que se utiliza en áreas industriales de cualquier tipo y su función es la de medición de unidades, las cuales tienen que pasar entre las partes de medición: el emisor y el receptor. El emisor lo representa una cortina láser la cual es medida por medio de un sensor el cual funciona como receptor. Por otro lado, en la figura 4.3 se muestra una fotografía del sensor y del controlador del equipo. La siguiente figura muestra el principio de funcionamiento que tiene este tipo de dispositivo.

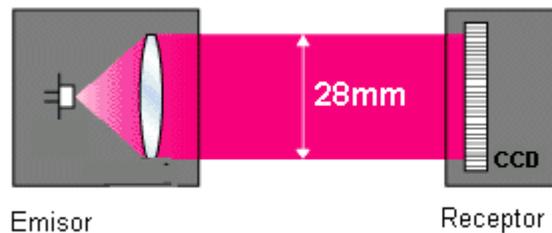


Figura 4.4 Principio de funcionamiento del sensor Cortina Láser Z4LC.

En la figura 4.4 se denota la manera como trabaja el dispositivo, y además de la capacidad máxima de medición que puede señalar(28mm.) Por medio de la emisión de una referencia láser intensa y uniforme y de un sensor optosensitivo, se logra una precisión de $\pm 0.01\text{mm}$, ya que el sistema funciona a partir de la detección de la sombra producida por el objeto que se encuentra entre las partes. La sombra es directamente proporcional a las dimensiones del objeto, entonces el receptor capta 1 dimensión o proyección del cuerpo para que el controlador se encargue de realizar el cálculo, la medición del tamaño y la posición del mismo.

En la figura 4.5 se muestran varios ejemplos de aplicaciones del dispositivo. El uso esta asociado con el modo de operación del controlador, pues existen varias maneras de detección de o modos de medición que se adaptan a diferentes casos.

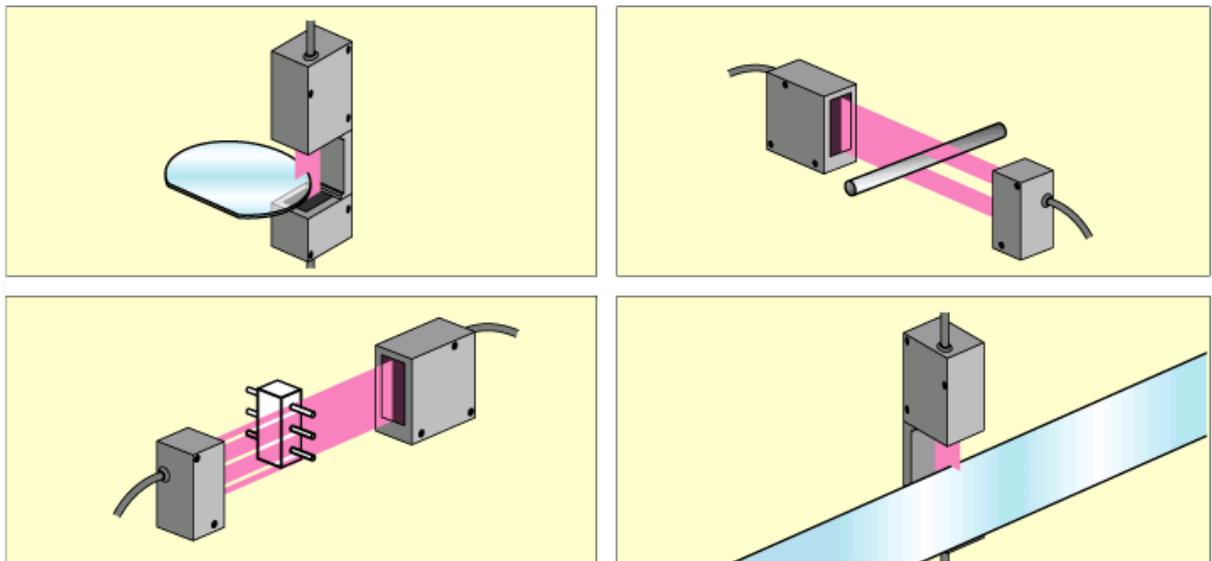


Figura 4.5 Diferentes aplicaciones del sensor de cortina de láser en la industria.

Modos de Operación del Controlador.

Este controlador tiene varios modos de operación para las diferentes aplicaciones que se puedan presentar en la industria. En total existen 9 posibilidades diferentes, pero para el proyecto se necesita el siguiente:

Diámetro del objeto:

Realiza una medición desde el final de una sombra hasta el inicio de la última área iluminada. De esta manera, cuando el Carrier pasa entre el haz de luz, el controlador se encarga de realizar la medición de la sombra proyectada.

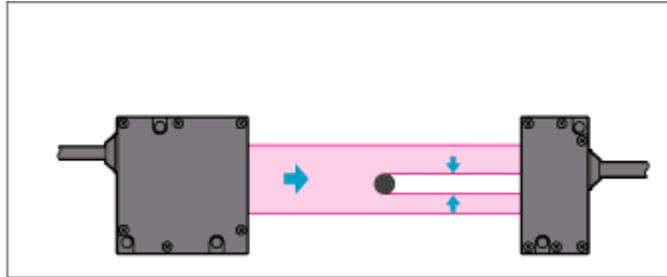


Figura 4.6 Ejemplo de medición de lectura de Diámetro.

Señales I/O

Una vez capturada, por medio del receptor, la dimensión del objeto, esta información es analizada por el controlador del sensor y por medio de los parámetros fijados, así se produce el resultado.



Figura 4.7 Fotografía de las I/O que presenta el controlador del sensor de Cortina Láser.

La figura 4.7 muestra una fotografía de la parte trasera del dispositivo, con la respectiva señalización de puertos.

El sistema de control del sensor dispone de suficientes variantes para permitir el uso del sensor en diferentes aplicaciones. Además, permite el establecimiento de

promedios para 1, 16, 64 y 256 mediciones, fijación de la medida cero (punto de referencia), establecimiento de los valores mínimo y máximo para interpretar los resultados y discriminarlos. Todas estas facilidades posibilitan la extracción de resultados instantáneos, lo cual representa una de las mayores facultades que posee el dispositivo para su utilización en la línea de inspección.

El módulo necesita una entrada de 24 VCD, con la respectiva entrada de neutro. Necesita una fuente que sea bien estable y que al menos entregue 1A. Este tipo de voltaje es idéntico al de alimentación de los PLC, por ende, este tipo de dispositivos se acopla fácilmente con estos. Posee en total dos puertos para permitir una adecuada interfase con el usuario, uno es el Puerto RS-232 el cual permite el manejo y control del dispositivo por medio de un computador, de tal manera que el usuario pueda chequear los parámetros que están implícitos en el controlador o bien, cambiarlos para cada modo (condiciones de medición, valores de discriminación, condiciones de comunicación y opciones). Posee además un puerto de E/S, el cual es el que interactúa con la PC que se encarga del proceso de control. Este puerto es utilizado como entrada de control y como salida de los resultados de las mediciones. Cuenta con de 28 pines en total (7 contiene pines de control y 21 de salida). La resolución de la medición es de 12 bits (D0 - D12.) Como el dispositivo fue diseñado para adaptarlo a un PLC, posee una salida analógica lineal de corriente que se encuentra entre 4 a 20mA, con una impedancia de salida de 300Ω. Esta salida tiene su propio terminal de referencia para posibilitar el aislamiento de circuitos.

La particularidad más importante que posee este dispositivo es la capacidad de discriminación de resultados. Dentro del puerto E/S, existen entre los pines de salida, unos denominados como salidas PASS y HIGH, los cuales son denominados por el fabricante como salidas discriminantes. La salida PASS se activa cuando se detecta una medición que se encuentra dentro del rango permitido y por su parte la salida HIGH se activa cuando se detecta una medición mayor al rango máximo preprogramado. Todos estos valores son completamente configurables en el controlador. Cuando se finaliza una medición, por medio de los parámetros de nivel fijados, el controlador interpreta la lectura como alta (HI) si el resultado sobrepasa el

valor limite superior; como bajo (LOW) si por el contrario la lectura es inferior al valor mínimo; o bien como correcto (PASS) si el resultado se encuentra dentro de los limites tolerables. La figura 4.8 muestra un gráfico donde se ejemplifica lo anteriormente descrito.

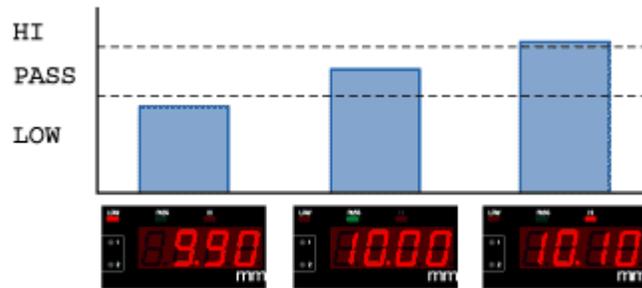


Figura 4.8 Ejemplos de Discriminación producida por el Controlador del Sensor.

Por medio de la correcta fijación de valores, el controlador se encarga de la discriminación de Carriers, detectando si se encuentra o no pandeado, por medio de los cambios percibidos en la conexión entre la tarjeta de Adquisición de Datos y el controlador del Sensor Cortina Láser.

4.3 Lector de Matrices de 2 Dimensiones



Figura 4.9 Ejemplo de aplicación de la marca de matriz de 2D en diferentes tipos de metales.

La lectora de Matrices VS-2B, fue diseñada para la lectura de marcas de dos dimensiones, las cuales se pueden encontrar en diferentes clases de superficies. De esta manera, por medio de la utilización de diferentes plataformas, esta marca puede utilizarse en integrados comunes, bandejas o en circuitos impresos. El tipo de lectura permite la identificación de marcas impresas por medio de láser en superficies como plástico, cerámica o metal.

Entre los componentes más importantes que lo conforman, se encuentran los siguientes:

Controlador MX y fuente de alimentación	El controlador se encarga de todo el proceso de lectura por medio de la decodificación de la matriz de datos que se capta por medio de la cámara CCD ⁹ . Por su parte la fuente de alimentación tolera 110V (60 Hz) o 220 V (50 Hz).
Puerto RS-232	Cuando el controlador MX procesa la matriz satisfactoriamente, los datos son enviados por medio del puerto serial hacia el computador.
Tarjeta I/O	Esta tarjeta es interna al módulo y se encarga de proveer una interfase entre el puerto serial, la cámara CCD y la unidad de procesamiento/decodificación de matrices.
Sistema de Alumbrado	Este sistema se utiliza como ayuda para que la cámara CCD capte correctamente la imagen de la matriz de datos que se ingresa. Consta de una serie de tubos fluorescentes interconectados entre sí.
Cámara de Video CCD	Se encarga de capturar imágenes para que sean procesadas por el controlador MX. Todo el sistema tiene la capacidad de capturar y procesar más de 10 imágenes por segundo.

El lector VS-2B funciona con un modo de operación “supermercado”, el cual es utilizado para no incurrir en lecturas repetitivas del mismo producto. Cuando un

⁹ Dispositivo de cargamentos adyacentes (Charge Coupled Device), utilizado en la creación de figuras para la planificación de fibras.

ciclo se cumple satisfactoriamente, se ejecuta un beep y el dato se envía hacia el modulo serial (RS-232) solo si se cumplen que:

- El dato en la matriz de datos es diferente que la que anteriormente fue correctamente validada.
- Si más de 10 segundos (tiempo predeterminado) han pasado desde la última lectura completada.

El VS-2B esta programado de tal manera que cuando se incorpore una lectura por segunda vez, no se de respuesta hasta que haya transcurrido el tiempo predeterminado (10 segundos). Esto permite la aplicación en líneas de producción pues se supone que dos productos no deben de tener el mismo numero de serie.

Cuando el sistema lee una nueva matriz, siempre se producirá un retardo de 10seg hasta que la parte sea pasada. Por otro lado, el dispositivo leerá una diferente marca instantáneamente.

Simbología de Matriz de Datos:

La Matriz de Datos, como se muestra en la figura 4.10, es bidimensional y por ende tiene dos tipos de código (pues tiene ancho y alto.) De esta manera, más cantidad de información puede ser insertada dentro de la marca, posibilitando la inclusión de datos como: identificación del producto, trazabilidad, control de calidad, numeración, seguimiento del producto, y mucho más.



Figura 4.10 Ejemplo una Matriz de Datos.

Este nuevo tipo de tecnología permite codificar y decodificar en dos dimensiones, por lo tanto, los usuarios tienen posibilidades de:

1. Seleccionar un rango de tamaño de salida que va desde 0.001 hasta 14 pulgadas cuadradas, dependiendo de la cantidad de información codificada.
2. Codificar mas de 3116 caracteres en un mismo símbolo.

3. Codificar y leer más de 15 lenguajes internacionales.
4. Encriptar información pública y privada.

Por medio del puerto PS2 del teclado, la información decodificada es ingresada a la PC de manera serial, lo cual es representado como una ventaja pues simplifica enormemente la inclusión de información, permitiendo un proceso más automático de inspección.

Capítulo 5

Descripción del Software del sistema

Una de las partes más relevantes que tiene la nueva Línea de Inspección de Carriers, es el programa controlador de todo el sistema. Por ende, la determinación del tipo de software que se utilizaría representa una de las mayores prioridades para la elaboración del proyecto.

En total, se incluye la exposición de tres tipos de paquetes de software, incluyendo para cada uno sus alcances y limitaciones, para así llevar al lector hacia la determinación de cuál de las opciones tiene mayor peso. Las 3 opciones se encuentran conformadas por los siguientes paquetes: Microsoft Visual Studio 6.0[®], Measurement Studio[®] y National Instrument LabVIEW 6.1[®].

Entre las principales características de la primera opción se encuentra la relativa facilidad de programación: al ser un sistema Microsoft[®] presenta una interconectividad total con bases de datos en MS Access ya que ambas utilizan como base las propiedades ActiveX. Además incluye herramientas para la creación de interfases amigables con el usuario. Con el manejo de E/S, esta aplicación cuenta con extensas librerías que permiten el total manejo de los puertos de una PC, pero es aquí donde se presenta el primer inconveniente: la interfase PC- Línea de Inspección. Tomando en cuenta las características que tienen el tipo de señales E/S que obtendríamos, la utilización del puerto paralelo (que en este caso podría resultar como la mejor opción), podría resultar un poco ineficiente y además problemático. Entonces se presentó como posible candidatura, la inclusión de una herramienta totalmente compatible con Visual Basic (considerada como una librería de objetos adicionales o como complemento), que permitiera la compra de una tarjeta de adquisición de datos adecuada y su fácil manipulación. Se está haciendo referencia al paquete llamado Measurement Studio[®], el cual incluye objetos muy apropiados para el análisis y despliegue de señales por medio de diferentes funciones y

procedimientos totalmente compatibles con MS Visual Basic. Ambos paquetes se complementan para un total control del proceso.

Finalmente, se analizó el caso de National Instrument LabVIEW 6.1[®], el cual es un paquete de software relativamente nuevo en comparación con los anteriores, pero que fue desarrollado principalmente para el desarrollo de aplicaciones relacionadas con automatización, control y análisis de procesos. De esta manera, a continuación se presentan algunas de las principales características que incluye LabVIEW:

Como primer punto se incluye el hecho que esta aplicación tiene controladores para cualquier tipo de interfases, de tal manera que permite control de tarjetas de adquisición de datos, instrumentos de medición y hasta PLC's. Por otro lado, una de las facultades con las que cuenta este programa es el hecho de que permite la creación de cualquier tipo de interfase gráfica, posibilitando además añadirle movimiento y animación a los objetos, de tal manera que el usuario pueda tener una mejor noción del proceso que esta supervisando, manipulando u operando. Un ejemplo de interfase se muestra en la figura 5.1. Entre otras características, se incluye la posibilidad de incluir alarmas visuales en la interfase, dentro de las secciones que así lo requieran, lo cual es una propiedad poderosa y útil para cualquier aplicación y además es uno de los factores que a Componentes Intel de Costa Rica le interesan.



Figura 5.1 Ejemplo de Interfase Grafica para un Reactor Químico, creada por medio de LabVIEW.

Entre otras ventajas se rescata la interfase de programación, la cual, no es secuencial como normalmente trabajan todos los programas de desarrollo de aplicaciones, porque es totalmente gráfica. La figura 5.2 muestra un ejemplo del método de programación. Este permite la programación de procesos de modo paralelo, y el desarrollo del programa se asemeja a un diagrama de flujo.

Este paquete de programación además posee herramientas de análisis de datos, lo cual lo hace superior a los otros paquetes de software. Entre ellas se rescatan funciones matemáticas complejas como integrales, derivadas, transformadas de Fourier, compensadores de señales tipo PID y otras más, todas aplicables a la señal capturada por la tarjeta de adquisición de datos. Todas estas funciones se encuentran prediseñadas y están representadas por un icono, de esta manera, el programador únicamente debe de “alambrar”¹⁰ el proceso.

¹⁰ Alambrar es el término que se utiliza en el Manual de LabVIEW para unir los iconos en el proceso de Programación.

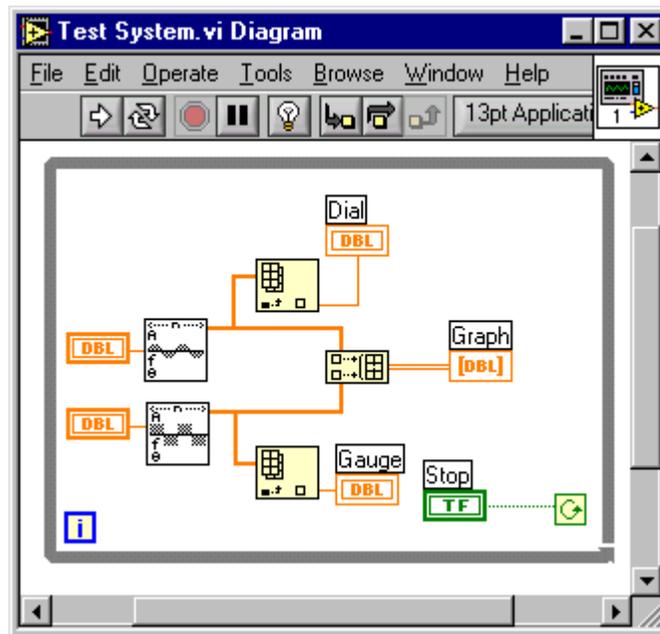


Figura 5.2 Ejemplo de implementación de un programa de análisis de señales, por medio de LabVIEW 6i.

Dentro de la compañía existen diferentes plataformas para los programas: Linux y Windows son las más importantes y ambas son perfectamente compatibles con LabVIEW, de tal manera que el paquete funcione como una interfase de transferencia de datos entre las diferentes plataformas, permitiendo la posibilidad de capturar datos en un ambiente UNIX y analizándolos y desplegándolos en un ambiente Windows. La figura 5.3 demuestra la disponibilidad multiplataforma de LabVIEW 6i. Además posee funciones para presentación de resultados por medio de gráficos de diferentes tipos 1D, 2D, y 3D.

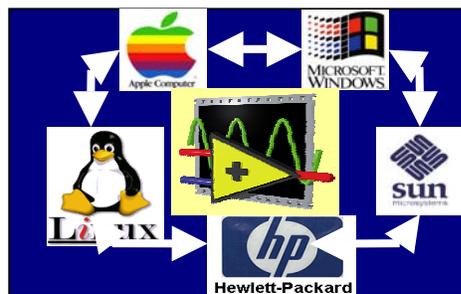


Figura 5.3 Compatibilidad Multiplataforma de LabVIEW 6i.

Una de las partes que entra en la discusión de porque este programa resulta ser una buena elección, es el hecho de que por medio de la inclusión de una librería, se puede crear archivos ejecutables .EXE, de tal manera que con la compra de una única licencia, se pueden desarrollar n aplicaciones para diferentes procesos, sin incumplir ninguna de las normas internacionales de derechos de autor.

Con todas estas características, se denota que la utilización de LabVIEW como programa de desarrollo de la aplicación, resulta ser la herramienta más poderosa y recomendable, pues así permite un mejor entendimiento del proceso sin dejar de tener siempre el control del módulo. Además, tiene herramientas que permitirán en un futuro cercano el mejoramiento e inclusión de nuevas características de la manera más sencilla y rápida.

5.1 Programa Principal

El diagrama de la figura 5.4, muestra el proceso que debe de seguir el programa para permitir el ingreso de un usuario y el proceso de inicio del programa de Inspección de Carriers.

El sistema de ingreso es necesario pues dentro de la base de datos se incluye la persona que se encuentra manipulando la nueva Línea de Inspección, lo cual permite al departamento de ingeniería tener un mayor control de los usuarios. Además, no todas las personas deben de tener acceso al módulo, únicamente los operadores que ya han pasado por un proceso de entrenamiento y que cumplan con los requisitos básicos de capacitación.

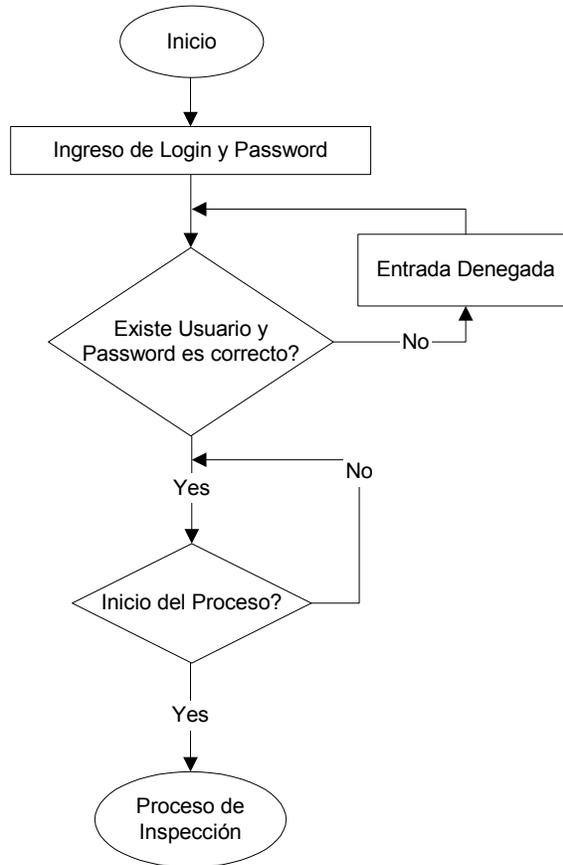


Figura 5.4 Diagrama de flujo para el proceso de Inicio de Inspección de Carriers.

Una vez que se corrobore la identificación, el programa debe de permitir la habilitación del botón o control de inicio de Inspección, y de esta manera comenzar con todo el control del módulo.

Cabe decir en esta sección, que preliminarmente se piensa en tres niveles de acceso: el más básico dedicado al operador, el cual no tiene acceso a ningún tipo de control más que el de Inicio y Detención del proceso. Seguidamente el de ingeniería que conlleva ciertas características de interés para el departamento, tales como ventana de identificación de E/S, y otros parámetros relacionados (velocidad de puerto serie, inclusión de características del tipo de Carrier, etc.) Finalmente existe el nivel del programador, en donde se pueden ingresar nuevos usuarios y cambio o inclusión de nuevas ventanas dentro de la interfase.

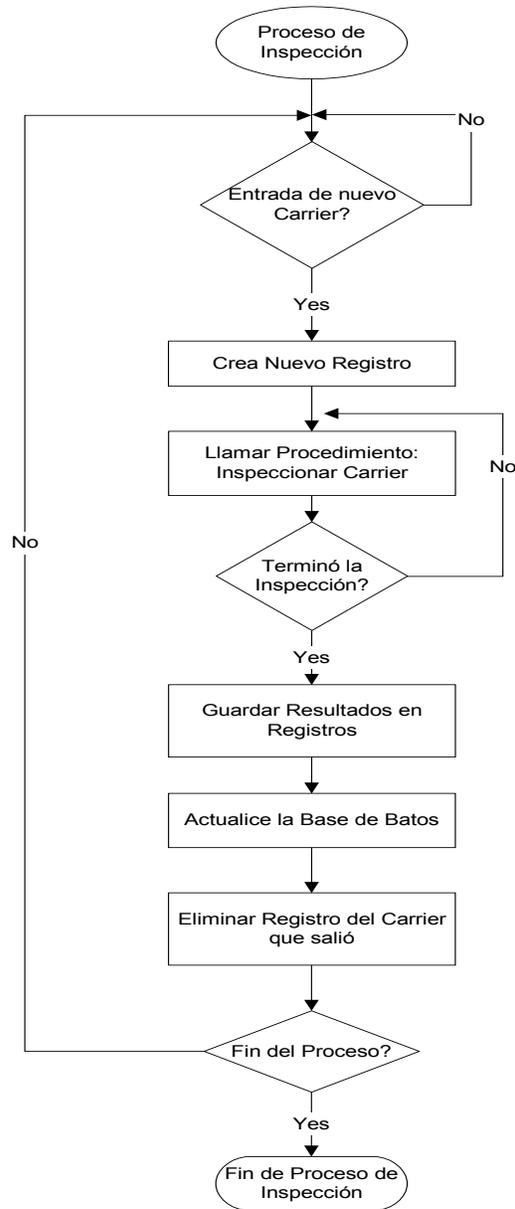


Figura 5.5 Diagrama de Flujo General del Proceso de Inspección para el programa principal de la Línea de Inspección de Carrier.

En el diagrama de flujo de la figura 5.5, se puede obtener una mejor noción del proceso que sigue el programa principal. Por medio de la ubicación de sensores de proximidad (estos estaban presentes en las bandas transportadoras), se le puede dar seguimiento a la ubicación de cada uno de los Carriers. De igual manera, por

medio de la tarjeta de adquisición de datos, se obtiene una entrada binaria de si existe o no un nuevo Carrier al inicio de la Línea de Inspección.

La base del proceso de Inspección la representa la Base de Datos, ya que para cada prueba dentro de la línea, debe crearse un registro de resultados que al final van a ser analizados para plasmar dentro del archivo toda la información necesaria para descifrar si el Carrier se encuentra o no en perfectas condiciones. De esta manera, dentro del diagrama de flujo del proceso de Inspección se incluye básicamente el procedimiento que se sigue para actualizar en todo tiempo la Base de Datos. Dentro de este capítulo se hará referencia con mayor detalle el tipo y diseño de la Base de Datos.

Al detectarse una nueva entrada, se realiza una búsqueda en la base de datos para determinar si el nuevo identificador se encuentra almacenado o no. De ser afirmativa la respuesta se procede a la creación de un registro temporal el cual incluirá todos los resultados de las pruebas. Por el contrario, si no existiese el identificador dentro de la base de datos, se procede inmediatamente a su inscripción por medio de la utilización de comandos SQL, y de igual manera, se crea el registro temporal.

Al finalizar esto, se ingresa a uno de los procedimientos más importantes del programa, el cual es el proceso de Inspeccionar Carrier, que conlleva una serie de funciones estrechamente relacionadas con entrada y salida de señales por medio de la tarjeta de adquisición de datos. Este procedimiento al ser tan complejo, se explicará con mayor detalle en el capítulo siguiente.

Seguidamente para cada uno de los Carrier presentes en la línea, se debe de comenzar con un proceso de inspección por separado, y cuando se detecta la finalización de alguno, se procede automáticamente a guardar todos los resultados dentro del registro temporal para que sea actualizada la base de datos con respecto a estos.

Una vez que ocurre todo lo anterior, se procede a borrar el registro temporal y a preguntar si el proceso de Inspección se debe detener. De ser negativo el resultado se continúa con el proceso de inspección.

5.2 Base de Datos:

Uno de los principales objetivos del proyecto es el de darle el correcto seguimiento del ciclo de vida a cada uno de los Carriers que se encuentran dentro del piso de producción. Para lograrlo, fue necesario la implementación de una base de Datos que contara con ciertas características y tipos de datos.

Actualmente, la mayoría de los sistemas de almacenaje con base en Windows y que necesiten de un sistema de almacenaje se desarrollan en una plataforma Microsoft Access[®] ya que es un programa especializado para ello y que cuenta con todo el respaldo y propiedades ActiveX. Además, este tipo de Bases de Datos pueden ser manipuladas por medio de macros o procedimientos para la creación de indicadores de cualquier tipo, a través de Intranet. Todas estas características son necesarias y suficientes para determinar en primera instancia, la creación de la Base de Datos para la Línea de Carriers.

En la figura 5.6 se muestra el diagrama relacional de la Base de Datos que se encarga del proceso de control de los Carriers. Nótese que existen en total tres tablas, las cuales se encuentran entrelazadas hacia la tabla principal por medio de una llave. Esta llave la conforma el identificador de cada uno de los Carriers (Carrier_ID) pues este resultaría análogo a un número de cédula, es decir, para cada Carrier existe un único número.

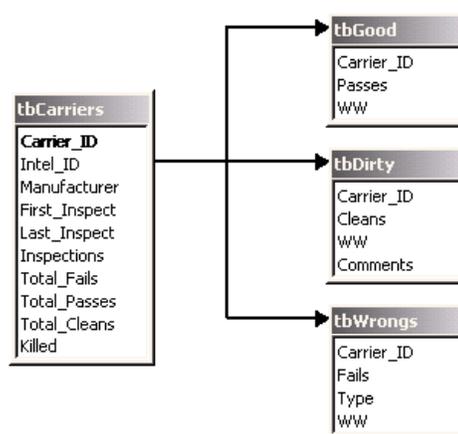


Figura 5.6 Diagrama Relacional de la Base de Datos para la Línea Automatizada de Inspección de Carriers.

La tabla principal, denominada *tbCarriers* se encarga de almacenar la información más básica para cada unidad. El detalle de cada ítem se presenta como sigue:

Carrier ID: representa la palabra clave, el índice o llave para todas las tablas. Esto es que toda la información se filtra por medio de este indicador. Es único para cada uno de los Carriers y en dado que se intente repetir, se producirá un error. Es de tipo String y tiene como límite hasta 20 caracteres.

Intel ID: este es un identificador otorgado por Intel. Puede ser repetido y generalmente es representado por la medida del sustrato del producto que se fabrica con el Carrier. Es de tipo String.

Manufacturer: es el espacio destinado para guardar el nombre del fabricante del Carrier. Es de tipo String.

First Inspect: es un campo de tipo Date y se utiliza para guardar la fecha de la primera inspección que se llevó a cabo para el Carrier en particular.

Last Inspect: al igual que anterior es de tipo Date. Guarda la fecha de la última vez que se inspeccionó.

Inspections: representa el número total de inspecciones que se le han dado al Carrier. Cada vez que se actualiza la Base de Datos se incrementa para cada caso en particular.

Total Fails: también tiene la función de contador, pero esta vez para llevar la cantidad de veces en que la inspección incurrió como error de algún tipo

Total Passes: contador para llevar el número de veces en que el Carrier ha pasado satisfactoriamente.

Total Cleans: contador que representa la cantidad de veces que el Carrier ha necesitado de algún tipo de limpieza.

Killed: representa una bandera booleana. Especifica si el Carrier todavía se encuentra dentro de los requerimientos mínimos para poder continuar dentro del piso de producción (Falso) o si es considerado como desecho (Verdadero).

Por su parte, las tablas *tbGood*, *tbDirty* y *tbWrongs* conforman las subtablas que conllevan información más detallada sobre los diferentes resultados posibles en la transición de los distintos Carriers en el piso de producción. Cada uno de ellos tiene una casilla destinada para el identificador del Carrier y funciona como medio de enlace con la tabla principal. Básicamente almacenan la misma información, pero se debe de interpretar de diferente manera según el nombre de la tabla. A continuación se explica cada uno de los componentes:

Carrier ID: exactamente la misma función de la casilla con el mismo nombre en la tabla principal. Funciona como medio de enlace para efectos internos dentro de la Base de Datos.

Passes, Cleans, Fails: todos son de tipo Date y almacenan la fecha en donde se presentó un resultado igual a Carrier sin errores, necesitó limpieza o con algún tipo de error respectivamente. Esta información es de vital importancia para poder entrelazar diferentes tipos de indicadores propios con el piso de producción con fechas exactas.

WW: es de tipo numérico. Conserva el número de semana laboral en donde se presentó la falla. Al igual que muchas empresas, Componentes Intel de Costa Rica trabaja por semanas laborales, entonces, esta casilla puede ser utilizada como un eventual índice o indicador para filtrar datos.

Comments y Type: son casillas adicionales que inicialmente no tienen ninguna función en particular. Se pretende en una eventual mejora del proyecto utilizarlos como detalles especiales en el tipo de suciedad detectada y el tipo específico de falla detectado respectivamente.

Por medio de toda la información que se recopile, se podrán (sin temor a equivocarse) obtener indicadores más precisos que puedan utilizarse a mediano plazo para el reconocimiento o detección de errores dentro del piso de producción.

Capítulo 6

Análisis y Resultados

6.1 Explicación del Diseño.

Dentro de este capítulo se desarrollará ampliamente todos los detalles y aspectos de importancia que se encuentran estrechamente relacionados con el diseño de la Línea Automatizada de Inspección de Carriers. Se iniciará con todos los detalles referentes a cada una de las herramientas con respecto a la figura 2.2.

6.1.1 Unloader:

El descargador de Carriers o Unloader, es un equipo controlado por un PLC y que funciona de manera independiente dentro de la línea de Inspección. Para efectos del control de flujo, todas las herramientas trabajan con un estándar denominado SMEMA¹¹, el cual consiste en una señalización por medio de un puerto de 12 pines con el siguiente protocolo de comunicación: para que el módulo¹² siguiente envíe una señal de “listo”, el módulo anterior debe emitir la señal de petición de trasiego o transferencia del Carrier, de esta manera, cuando el segundo módulo recibe esta señal, verifica por medio de un sensor de proximidad si tiene un Carrier colocado sobre él y de resultar negativo, confirma al primer módulo el envío del Carrier. Las señales de SMEMA son señales de 24VDC, y todas las herramientas cuentan con un puerto de entrada y otro de salida.

Por medio de la tarjeta de adquisición de datos se logró la instalación de un switch programado, de tal manera que interrumpe la señal SMEMA “listo” (proveniente del módulo siguiente) para que no se pueda ejecutar la transferencia del Carrier.

¹¹ Proveniente de la siglas del inglés “Surface Mount Engineering Manufacturers’ Association”.

¹² Se refiere a módulo con el fin de generalizar el tipo de herramienta ya que todas estas cuentan con el mismo estándar.

6.1.2 Lector de Matrices de 2D:

Siguiendo con el flujo de inspección, nos encontramos con una banda transportadora, la cual tiene implícita la decodificación de la Matriz de Dos Dimensiones de cada Carrier que además sirve de base para la ubicación del Sensor de Detección de Pandeo del Carrier (véase la figura 6.1.) El marcado de todos los Carriers se fijó, de tal manera que, para los diferentes tipos permite una lectura adecuada. Por medio de la movilización de un sensor de proximidad que tiene la banda transportadora, el Carrier se detiene en la posición correcta para que la cámara de identidad capture la matriz de dos dimensiones e inicie el proceso de inspección. Entonces, el programa principal, al detectar un nuevo ingreso (Carrier_ID), procede a crear un nuevo registro temporal de resultados y a actualizar o crear las casillas correspondientes dentro de la base de datos de MS Access.

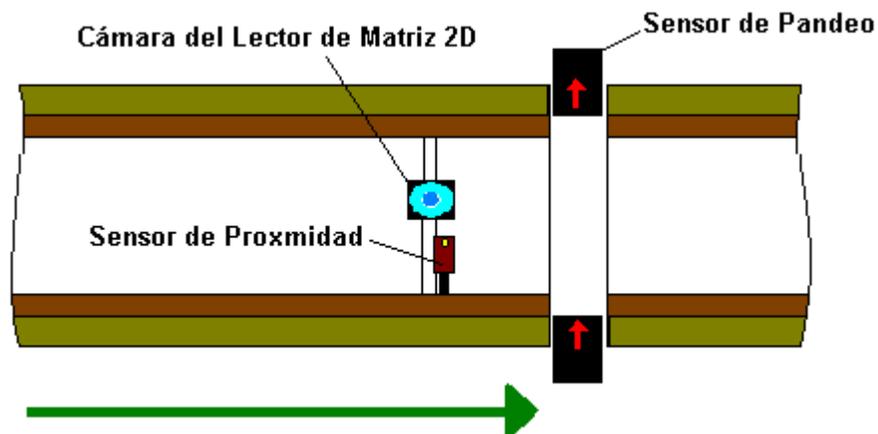


Figura 6.1 Vista superior de las bandas transportadoras que realizan la Prueba de Pandeo para los distintos Carriers. En la primer banda transportadora se incluye la cámara del Lector de Matrices 2D.

En la figura 6.1 se denota la ubicación de cada una de las partes relacionadas con la captura, decodificación del identificador del Carrier y de la prueba de pandeo del mismo. La ubicación tanto de la cámara como del sensor de proximidad, conforman las variables para un correcto funcionamiento del proceso.

6.1.3 Detector de Pandeo:

A lo que al detector de pandeo se refiere, la figura 6.2 muestra un esquema ilustrativo del montaje del mismo.

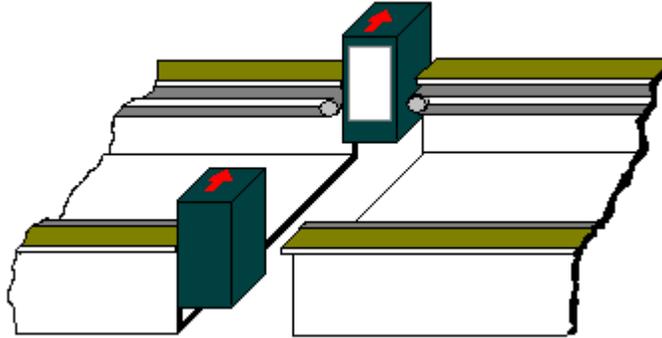


Figura 6.2 Ubicación del sensor de pandeo entre las bandas transportadoras. Nótese el ligero desnivel con respecto a las bandas con el objetivo de medir correctamente la dimensión frontal del Carrier.

Las bandas transportadoras cuentan con dos velocidades: una de ingreso y otra de egreso. Cuando se acepta un Carrier por parte de la primer banda transportadora (proveniente del Unloader) se utiliza una velocidad V_1 y cuando el carrier se dispone a salir de esta misma banda hacia la segunda (pasando a través del láser del sensor), se utiliza una velocidad V_2 . Para evitar que se presenten saltos del Carrier cuando se da el trasiego, se procedió a ajustar y nivelar correctamente las bandas y se fijó $V_1 \gg V_2$.

Por medio de la utilización de estas dos bandas transportadoras se logra que la PC controladora de la Línea de Inspección de Carriers realice la identificación de todas las unidades que ingresen y además de la recopilación del primer resultado de las 3 pruebas que en total se realizarán. Las otras dos pruebas restantes se ejecutarán en la herramienta siguiente, la cual es la base del proyecto: la AOI, que se encarga de la Inspección Visual de los Carriers.

6.1.4 AOI:

Este equipo es fabricado básicamente con el fin de inspeccionar de manera visual tarjetas con circuitos impresos. Primordialmente el reto se enfocó primero en lograr implementar un nuevo programa que se especialice en detectar si el clip o resorte de los Carriers se encuentra en mal estado (muy abierto o cerrado) o a detectar si la unidad posee materiales extraños (suciedades como gotas de epóxicos utilizados durante el proceso de ensamblaje del microprocesador.) Como segundo reto se encontraba el hecho de poder extraer los resultados de la inspección y poderlos analizar o interpretar en la PC como parte del programa principal.

Para poder lograr la resolución del primer aspecto, se requirió de una investigación detallada del funcionamiento del equipo. De esta manera se analizaron diferentes características relacionadas al tipo de archivos que deben ser instalados en la AOI para que pueda realizar la inspección. La AOI es gobernada por dos CPU's que funcionan independientemente, pero no de manera redundante. El CPU1 se encarga del control de todo el sistema operativo que gobierna la herramienta y además de una parte del análisis de los datos capturados por las 5 cámaras. Por su parte, el CPU2 se encarga primordialmente de analizar la mayor cantidad de la información proveniente de las cámaras para lograr que se presente el resultado con mayor rapidez.

Mientras se están adquiriendo datos (por medio de un brazo mecánico con movimientos x,y donde se encuentran las cámaras), se están analizando. Pero para poder lograr esto, deben de existir dos archivos presentes dentro del disco duro de la AOI. Estos son una librería, denominada por el fabricante como archivo *CAD*, que posee información vital como el tamaño de las ventanas y sus propiedades. Además necesita un archivo con extensión **.data* que contiene las coordenadas polares de todas las ventanas, además del nombre de cada una de estas (consideradas por el sistema operativo como componentes).

El método que utiliza la inspección visual la comparación. Cuando inicia el proceso, los controladores realizan la adquisición de diferentes fotografías e

inmediatamente las comparan con un patrón preestablecido por el usuario. Por medio de la fijación de ventanas (estratégicamente colocadas), los CPU's analizan si dentro de la ventana encuentran ciertas propiedades como brillantez, blanquedad o bien porcentajes de color gris dentro de estas. De esta manera, el usuario por medio de un análisis, debe encontrar un común denominador para que pueda culminar exitosamente con la prueba.

De esta manera, se procedió con la implementación del archivo CAD por medio de un programa especializado para la elaboración de librerías para la AOI. Dentro de este, se establece la medida de la ventana, la intensidad de luz que se necesita utilizar y del tipo de propiedad que se quiere detectar. Por ejemplo, para poder detectar errores en el resorte o clip del Carrier, se utilizó la propiedad de porcentajes de grises y para la detección de suciedad la propiedad de porcentajes de blancos. Una vez establecida la librería, se procedió a la elaboración del archivo DATA el cual por medio de coordenadas polares se nombraron los n componentes y su ubicación.

La posición de cada una de las ventanas depende de las dimensiones del tipo de Carrier, lo cual, resultó una constante para la determinación del clip en mal estado. Por otro lado, para poder ubicar las ventanas para el reconocimiento de suciedades, fue necesario la utilización de un análisis estadístico para determinar cuales son la zonas del Carrier que presentan una mayor incidencia.

6.1.5 Análisis Estadístico:

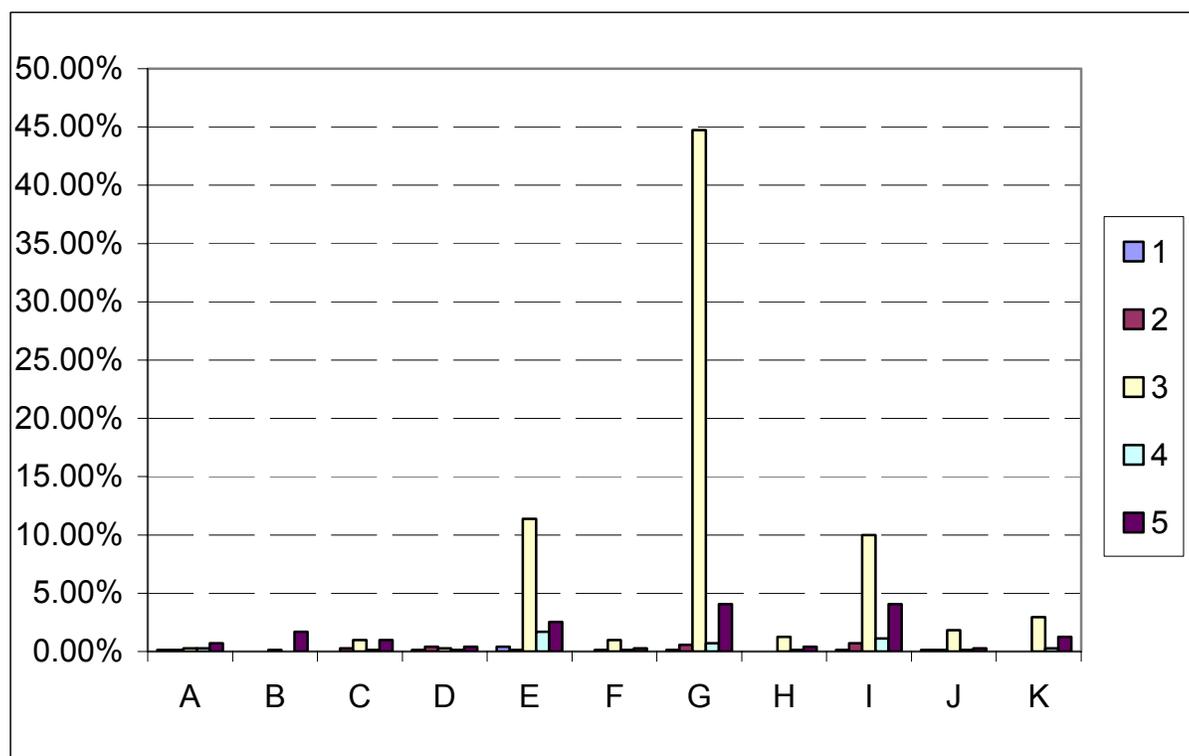
La razón para realizar el estudio por zonas resulta ser el lograr la mayor eficiencia en la inspección de Carriers por parte de la AOI.

Si se ubicaran ventanas de inspección en todas las zonas del Carrier, el resultado se traduciría en lentitud por inspección, lo cual repercutiría mucho entre los objetivos del proyecto. Además recarga mucho el sistema de análisis del equipo, lo cual a corto plazo representaría en fallas por overflow u otros factores en los controladores de la AOI.

Tomando esto en consideración, se elaboró un procedimiento para lograr la adquisición de resultados por medio de un machote de un Carrier subdividido por

zonas. Como apéndice A.1 se incluye la forma del machote que se utilizó para dicho proceso. De esta manera, con la ayuda de una contratista que se encarga de observar y marcar en tablas las incidencias se obtuvieron los siguientes resultados:

Gráfico 6.1 Incidencias de Suciedad por Zona para los Carriers.



Para la obtención de estos resultados se analizaron en total 711 carriers y se determinaron las zonas más propensas. Ahora bien, con esta información se pudo determinar con exactitud ciertas áreas de importancia que ayudan a disminuir la cantidad de ventanas de inspección a colocar.

Con esta información se elaboró la siguiente figura:

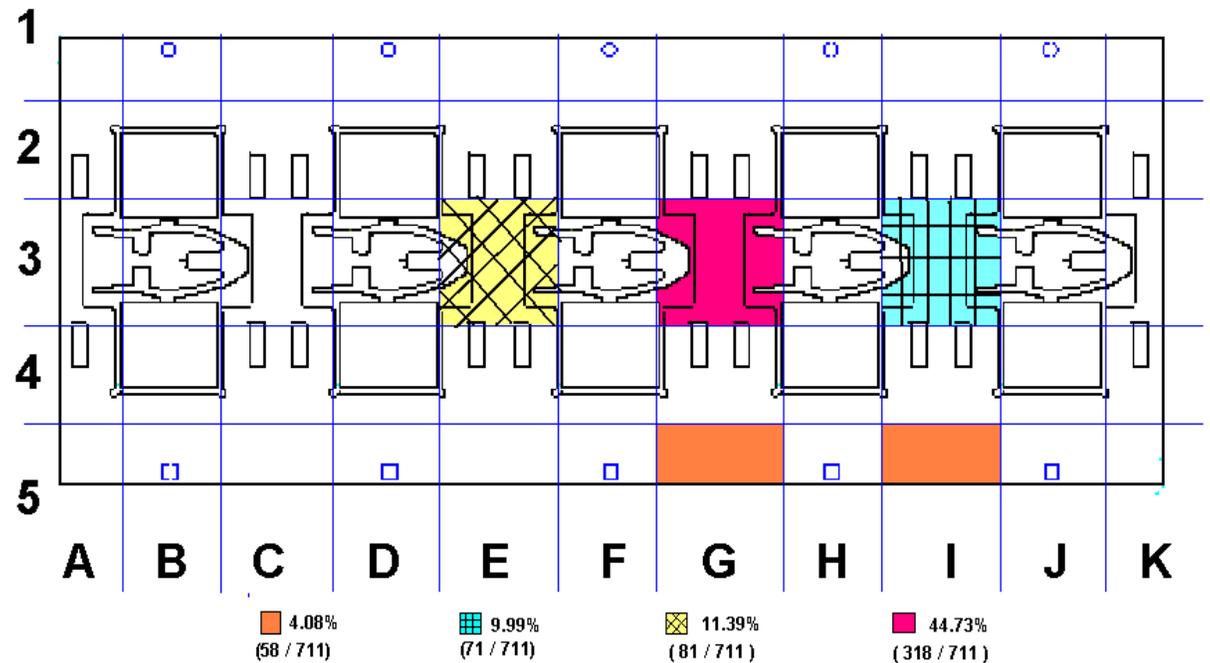


Figura 6.3 Distribución de Zonas con Mayor Incidencias de Suciedad para el Carrier.

Como se denota en la figura 6.3, se reduce el área de Inspección Visual de 55 zonas a únicamente 5, lo cual representa una reducción del área en un 91%.

En la figura 6.4 se muestra un ejemplo de identificación de epóxico en la superficie de una unidad. Mediante la ubicación de ventanas de análisis, se logra una detección real. Por otra parte, en la figura 6.5 se observa un ejemplo de detección de resorte en mal estado ya que se encuentra con una abertura inferior a la normal. Por medio del cambio de propiedades de las ventanas de análisis, el programa de inspección visual busca dentro del área pigmentos blancos. Al detectar una incidencia, marca la sección en blanco brillante y guarda el nombre de la ventana para su posterior identificación.

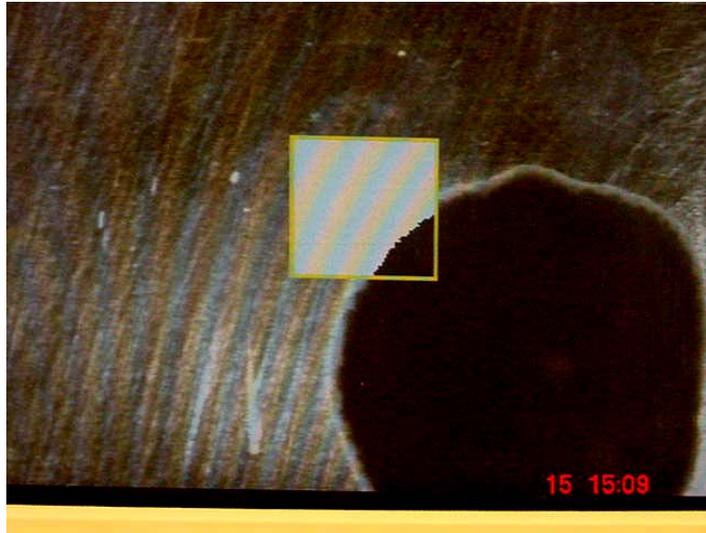


Figura 6.4 Ejemplo de detección de una incidencia de epóxico mediante al herramienta de inspección visual o AOI. Nótese la posición estratégica de la ventana de análisis para lograr el objetivo.

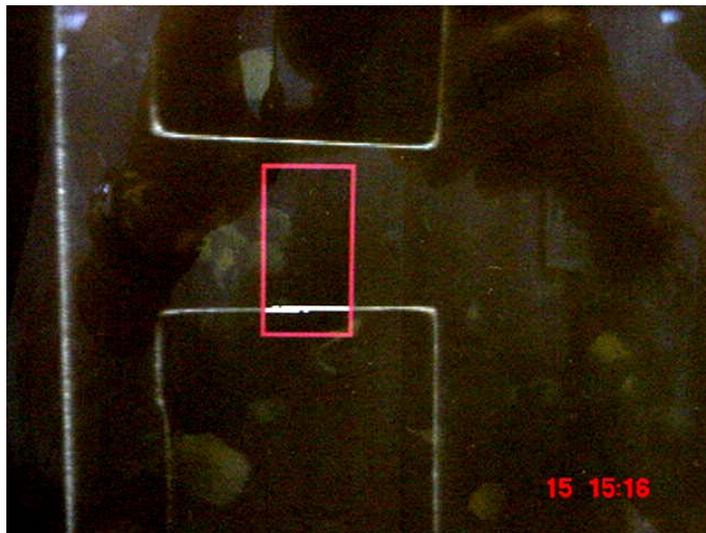


Figura 6.5 Ejemplo de detección de resortes en mal estado. Nótese que el análisis se realiza en la ventana. Por medio de la fijación de propiedades se logra que el borde del resorte se tome como una línea blanca brillante.

6.1.6 Enrutador o Turn Table:

Cuando un Carrier llega al final de la inspección, este equipo se encarga de direccionar su destino. Si los resultados de las pruebas demuestran que el Carrier presenta alguna anomalía, el enrutador debe de girar 90° para enviar la unidad al cargador de rechazados o reject loader. Por el contrario, si el Carrier no activa ninguna bandera de error, la herramienta procede a direccionarlo a 0° desde su posición inicial. Por medio de sensores de proximidad se determina si existe un Carrier a la entrada de esta herramienta, se chequea el estado del Carrier por medio del registro de resultados del programa y se procede a activar la señal de control para permitir la manipulación de la dirección final del elemento. Las siguientes figuras muestran las diferentes posiciones del enrutador.



Figura 6.6 Enrutador en la posición 0°. La banda transportadora pequeña logra la conexión del enrutador con el cargador o Loader.

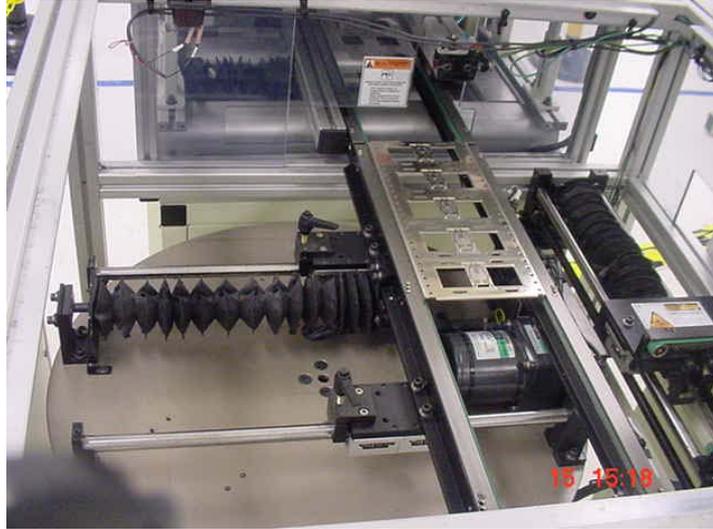


Figura 6.7 Enrutador en la posición 90°. El Carrier se encuentra listo para ser transferido hacia el cargador de unidades rechazadas o Reject Loader..

6.1.7 Programa Principal:

El desarrollo de la secuencia de control es conformado por diferentes partes, cada una, con funciones específicas. Para lograr que el programa aceptara más de un Carrier a la vez, se necesitó del diseño de procedimientos que se encargaran de manipular datos de manera independiente, con el fin de no mantener el programa principal en espera. Por medio de un sistema de interrupciones programadas, el algoritmo de control detecta en cualquier momento un cambio en la línea de inspección por medio de los diferentes sensores, y en el transcurso de la secuencia, se encarga de atender a las mismas.

De no activarse ninguna de las banderas, se ejecutan funciones de limpieza de variables, y en otros casos, continua con el programa. Siguiendo la secuencia del programa principal, en la figura 5.5, se realiza un salto al procedimiento llamado “Inspeccionar Carrier”, el cual, conlleva una serie de funciones relacionadas con las señales E/S del módulo.

El diagrama de flujo del procedimiento Inspeccionar Carrier se muestra en la figura 6.8. Básicamente se denota la secuencia de adquisición de resultados para cada caso. La primer prueba es la de detección de pandeo por parte del Carrier. Por medio de las señales SMEMA y de los sensores de límite de las bandas transportadoras, la secuencia permite el control del proceso. Cuando inicia, se activan los canales SMEMA para permitir el trasiego de la unidad entre las bandas transportadoras a baja velocidad. El controlador del sensor de cortina láser inicia el reconocimiento y medición de la proyección de la unidad y envía los datos al computador, el cual, por medio de una serie de flip flops tipo D programados, mantiene las banderas activas hasta que la prueba finalice.

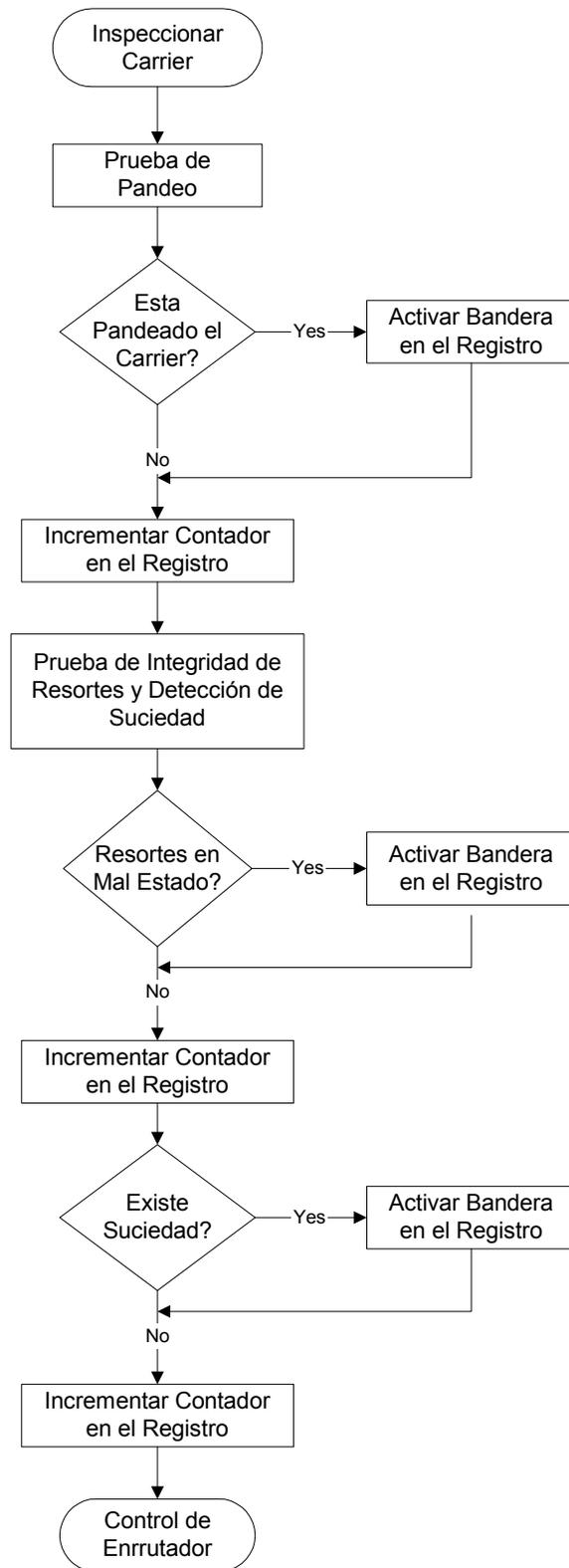


Figura 6.8 Diagrama de Flujo del procedimiento Inspeccionar Carrier.

Un sensor de proximidad determina si el Carrier terminó la primera inspección y habilita el controlador de los registros temporales, para que analice los datos recolectados y los almacene. El estudio de los resultados consiste en la lectura de los flip-flops tipo D, y por medio de una función predeterminada, da como resultado un valor binario “alto” cuando se encontraron errores o “bajo” cuando la prueba indicó buenas condiciones para la unidad.

Además, paralelamente con los resultados, se procede a incrementar un contador implícito en los registros temporales para facilitar el control de la base de datos. En la figura 6.9, se muestra un registro temporal, creado por medio de LabVIEW.

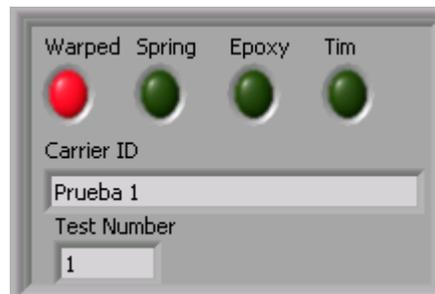


Figura 6.9 Registro temporal de Resultados creado en LabVIEW. La bandera Pandeado o “Warped” se encuentra en rojo ya que se detecto una anomalía en el Carrier.

El registro temporal consta de 4 registros binarios, uno para cada una de las pruebas al Carrier. Además, cuenta con un espacio para almacenar el identificador de la unidad y del contador de pruebas. Para cada nueva entrada, se crea un nuevo registro en memoria y cuando finaliza el proceso, se libera.

Cuando finaliza la primer inspección, el contador debe contener un valor de 1. Las dos últimas revisiones se producen dentro de la AOI. Por medio de un procedimiento que se encarga de la recolección de datos del puerto serie COM1 y de su análisis. Se determina si presenta cualquiera de las dos fallas: resorte dañado o materiales extraños en la superficie del Carrier. Al finalizar la secuencia del programa de la herramienta de inspección visual, todos los resultados son extraídos por medio de un puerto de control en forma de lista. Se compone de los nombres de las ventanas en las cuales el programa detectó algún tipo de discrepancia con respecto

a la referencia. En total están presentes 40 ventanas de inspección: 15 revisan los resortes (S1, S2...S15) y las restantes 25 se encargan de la detección de epóxicos y materiales extraños (FM1, FM2...FM25). La función de análisis de información, realiza una búsqueda entre los nombres. Primeramente, revisa si entre los caracteres existe alguna "S", si la hay, inmediatamente activa la salida booleana "resorte dañado" y guarda resultados en el registro. Por otro lado, si no existe ninguna concordancia, revisa la presencia de una "F" y para activar-desactivar la salida "material extraño". Al finalizar toda la prueba el contador tiene un valor igual a 3 y se dirige hacia el enrutador de Carriers.

Dentro de los registros esta contemplado el discernir si el material extraño es un epóxico de coloración negra o bien si es un silicón grisáceo llamado Tim. Para la primer versión de la línea de Inspección de Carriers, solamente se reconocerá "Epoxy".

El guardado de los resultados para la AOI es muy similar al de la primera prueba: detección de pandeo. Se puede rescatar que la prioridad se da a los resultados de resortes dañados y pandeo ya que son irreparables. La figura 6.10 muestra un ejemplo de registro temporal, después del análisis de resultados de la AOI.

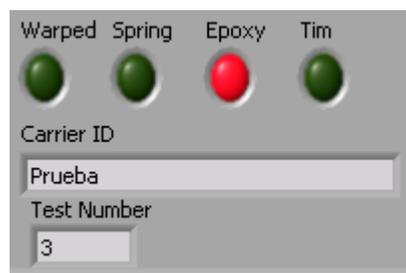


Figura 6.10 Registro temporal de Resultados después de haberse detectado contaminantes por parte de la herramienta de inspección visual de unidades. La bandera "Epoxy" se encuentra activa.

En la tabla 6.1 se muestra el comportamiento del programa principal para cada combinación de resultados posibles.

Tabla 6.1 Comportamiento del programa principal para los posibles resultados contenidos en un registro temporal.

Pandeo	Resorte dañado	Suciedad	Resultado
0	0	0	Buen Estado
0	0	1	Requiere Limpieza
0	1	0	Mal Estado
1	0	0	Mal Estado
1	0	1	Mal Estado
1	1	0	Mal Estado

Los diferentes resultados que se puedan presentar en un Carrier determinado, son finitos. Esto permite definir la dirección que debe de seguir cada unidad y establecer el comportamiento del controlador del enrutador. Una vez detectado el Carrier en la última banda transportadora por parte del sensor de proximidad, se incrementa el contador de pruebas a 4.

Dentro de la secuencia del programa principal, constantemente se corrobora el valor del contador de todos los registros temporales existentes. Este proceso, permite al controlador del enrutador, establecer el paradero de la unidad inspeccionada. La figura 6.11 muestra el algoritmo que involucra el procedimiento para lograr la separación de los Carriers.

Al detectarse un conteo igual a 4, se habilita el procedimiento de análisis de resultados alojados en el respectivo registro temporal. Por medio de la lectura de todas las banderas, se procede a activar-desactivar la señal de control del enrutador, con el fin de habilitar la función de rotación del PLC controlador de la herramienta. El patrón de comportamiento que conlleva el análisis de los registros temporales es idéntico al que se encuentra en la tabla 6.1.

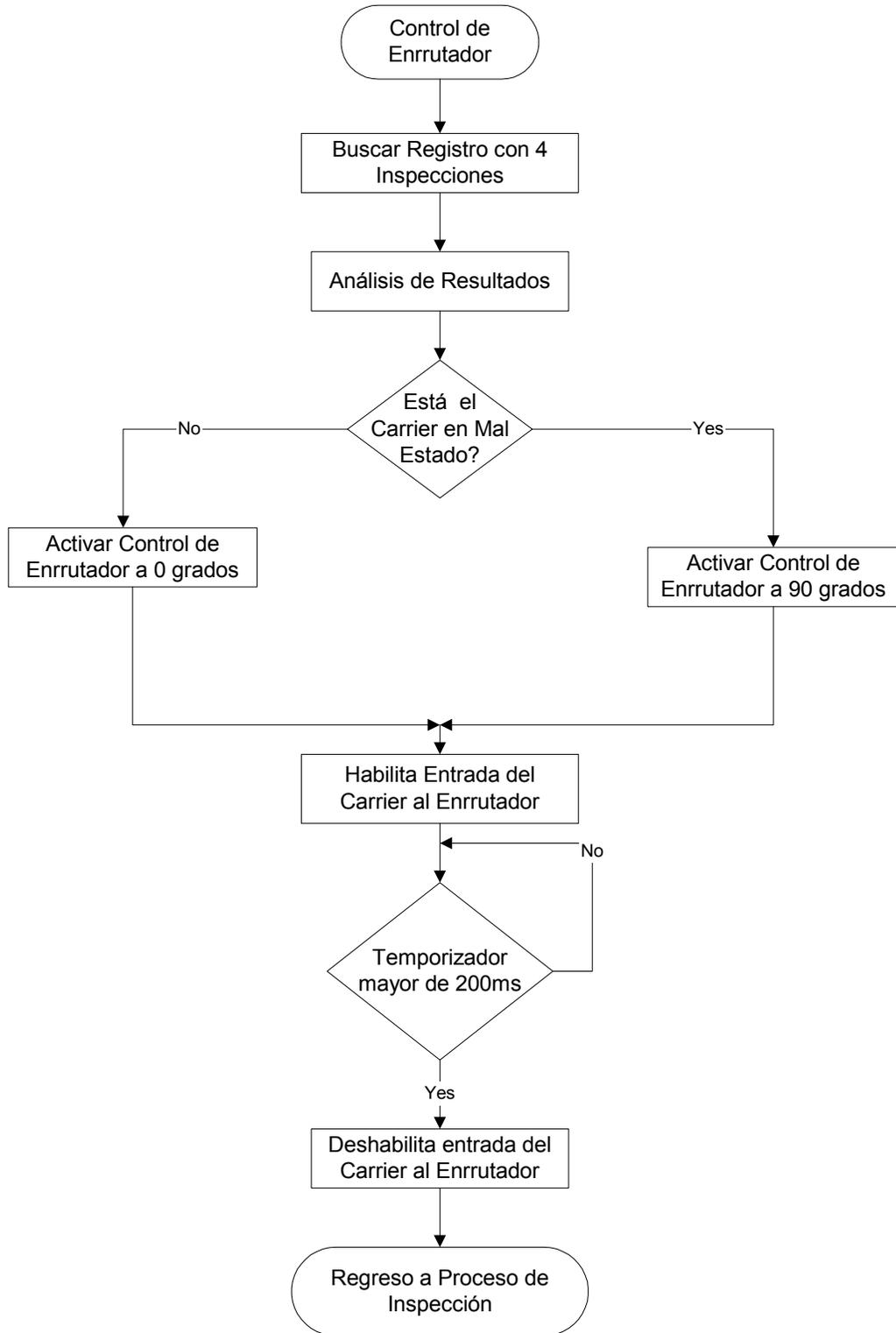


Figura 6.11 Diagrama de Flujo del procedimiento Control de Enrutador.

Cada uno de los resultados involucra un acceso-cambio a la base de datos para guardar cada detalle.

Una vez activadas las señales de rotación y SMEMA el Carrier se introduce a la banda transportadora del enrutador o “turn table”. El programa interno realiza todo el proceso de rotación y comunicación con el respectivo loader y de la transferencia de la unidad. Un temporizador es ubicado para mantener las señales activas el tiempo necesario para que no se produzca errores de interpretación por parte del enrutador. Una vez transferido el Carrier al respectivo cargador o loader, se deshabilitan todas las señales y la banda del mismo se coloca en la posición inicial, en espera de una nueva tarea. Al finalizar la fase, se devuelve al procedimiento: “proceso de inspección”.

6.2 Alcances y limitaciones

Entre los alcances más importantes del proyecto se encuentran los siguientes:

- ✓ Conexión entre un sistema de control automatizado con una base de datos. Permite un control de cada una de las entradas, y el despliegue de resultados y tendencias en cualquier momento.
- ✓ Creación de la primera versión de una sistema automatizado para la verificación de la integridad física de los Carriers.
- ✓ Reutilización de equipo con bajo valor para Intel en un sistema necesario. El cambio de características mecánicas, eléctricas y secuenciales, permitió el re-uso de herramientas para cumplir con un objetivo. Es uno de los aspectos de más impacto, ya que la inversión para el desarrollo del proyecto fue mínima.
- ✓ Capacidad de separación de Carrier de forma automática, por medio del análisis de los resultados. El poder discernir y separar las unidades defectuosas de manera automatizada representa una mejora en los estándares de calidad de la compañía y la disminución de indicadores de productividad relacionados a la problemática.
- ✓ El tipo de diseño utilizado, posibilita a la nueva línea para su utilización en la inspección de todos los diferentes tipos de Carriers usados en el piso de producción, mediante de cambios mínimos en parámetros y recetas para algunas de las herramientas. Esta era una de las metas que se querían cubrir.
- ✓ La detención de resortes en mal estado se verifica con un porcentaje de efectividad del 99%. La simetría de la posición de los mismos y la reflexión

detectada por la AOI son factores que intervienen en el resultado final de la prueba.

Las limitaciones que se reconocen al finalizar el proyecto se centran primordialmente en los medios de detección de errores en los Carriers. Con respecto a la AOI, se reconocen falsas interpretaciones por parte del programa en cuanto a detección de epóxicos.

La herramienta de inspección visual, trabaja con base a fotografías capturadas en diferentes instantes. Por medio de un sistema de LED's, las 5 cámaras capturan la reflexión de luz. En funcionamiento, la imagen proyectada es analizada digitalmente por medio de propiedades establecidos por el usuario. Debido al brillo que presentan los Carriers en su superficie, en algunas ocasiones, se capturan manchas oscuras en sectores donde la unidad haya sido objeto de un leve maltrato y rayada pero que no representa una marca de suciedad. Con lo anterior se espera un sobre rechazo de unidades por parte de la AOI.



Figura 6.12 Detección falsa de suciedad en la superficie de una unidad rayada. Dentro de la ventana, el programa detecta áreas oscuras, provocadas por el brillo.

Existe otro nuevo tipo de Carrier con algunas características distintas. En su momento, la línea de inspección primordialmente deberá de analizar la integridad

física de cada uno de ellos. La ventaja que conllevan estos, es la coloración de la superficie, pues es opaca. Las primeras imágenes demuestran que la proyección es más legible y nítida. Por ende, el problema de sobre rechazo de Carriers será solucionado en la próxima versión de la receta en la herramienta de inspección visual.

Por otra parte, durante el trasiego del Carrier a través del detector de pandeo, se detecta un pequeño margen de error. En la figura 6.13 se muestra una fotografía de la vista superior del procedimiento. Por medio de las bandas transportadoras se produce el intercambio de la unidad entre las máquinas. Además, en esta misma figura, se denota el brillo de la superficie del Carrier.

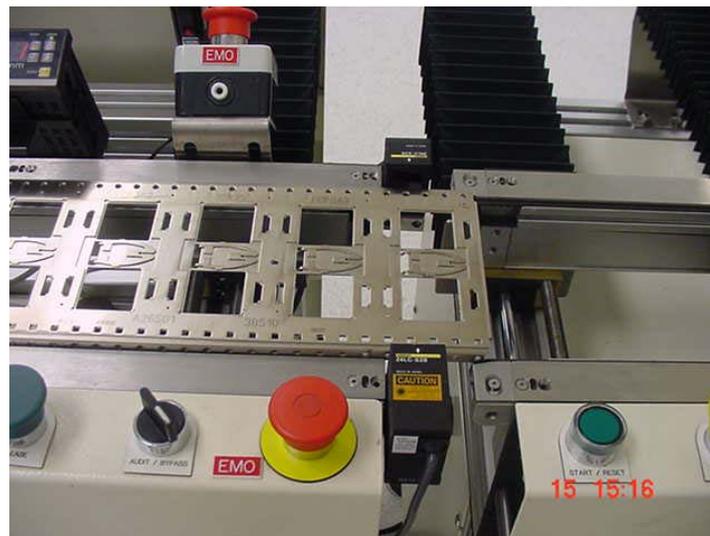


Figura 6.13 Vista superior del proceso de trasiego del Carrier a través del Sensor de Pandeo o cortina láser. Nótese además el brillo característico de las unidades.

La causa es una pequeña vibración que captura la cortina láser al producirse la transferencia de la unidad por medio de las bandas. La acción correctiva que se realizó es controlar la velocidad de transferencia de las máquinas. Aunque los resultados son muy favorables, como recomendación se tomará en cuenta la creación de un filtro digital en la salida analógica del controlador del sensor láser.

Capítulo 7

Conclusiones y Recomendaciones

- El mejor método para la determinación de las zonas con mayor incidencia para la elaboración de un programa de inspección es por medio de un análisis estadístico por zonas, obteniendo los resultados manualmente.
- El análisis estadístico preliminar, muestra una reducción de área de inspección de un 91%.
- Para eliminar cualquier tipo de vibraciones que puedan producir incoherencias en los resultados para la prueba de pandeo, es necesario la correcta nivelación, anclaje y establecimiento de velocidades de transferencia ideales para las bandas transportadoras. Además un factor influyente es la configuración del promedio de mediciones por parte del controlador del Sensor de Cortina Láser.
- Para la elaboración de un proceso de automatización, es necesario la utilización de registros temporales para conservar los resultados. De esta manera, al detectarse la culminación de las pruebas, resulta más sencillo su análisis y acceso.
- La implementación de una Base de Datos en Microsoft Access bien planificada ayuda a simplificar de manera significativa, el algoritmo de acceso

y búsqueda de datos. Además el análisis y presentación de resultados se logra con mayor agilidad y rapidez.

- Por medio de la utilización de LabVIEW como paquete para el desarrollo de programas, se logró una mayor agilidad en el proceso de automatización del módulo. Además por medio de la utilización de librerías prediseñadas, el acceso a una Base de Datos se logra a través de Intranet sin necesidad de invertir mucho tiempo en investigación y aprendizaje.
- Para permitir un control de n unidades en cualquier tipo de línea automatizada, es necesario la utilización de interrupciones, procedimientos y funciones que no le permitan al programa principal esperar algún tipo de señal para culminar con una tarea. Debe de continuar con la secuencia y cuando se presente el evento, en su debido tiempo finalizar con la tarea incompleta.
- La utilización de la tarjeta de adquisición de datos, permitió un control total de todas las variables en tiempo real. Los filtros internos y la separación de todas las referencias de las señales, posibilitaron un diseño más sencillo de todo el hardware de la línea de inspección de Carriers.
- Debido al principio de funcionamiento de la máquina de inspección visual: reflexión de luz; la brillantez de la superficie de los Carriers, es uno de los factores que provocan errores en la detección de suciedad en las unidades. En unidades con superficie opaca, no ocurre el error.
- El ruido producido por las fajas de las bandas transportadoras, incluye un pequeño margen de error en la prueba de detección de pandeo.

7.1 Recomendaciones:

Con el fin de minimizar el factor de ruido que producen las bandas en el trasiego del Carrier en la prueba de pandeo, se recomienda la ubicación de un filtro en la salida análoga del controlador del sensor láser. Debido a características como fijación de parámetros como valor máximo, valor mínimo e histéresis en el controlador, no se tomó en consideración desde inicios del proyecto. Sin embargo, su implementación significaría una mejora sustancial para el enriquecimiento y desarrollo del sistema de detección de pandeo, así como para el proyecto en sí mismo.

Su diseño consiste en un análisis del comportamiento de la salida en el plano de las frecuencias. De tal forma que se pueda determinar que frecuencias provocan el factor de ruido y eliminarlas de la señal. Para su implementación, en LabVIEW existen funciones que obtienen transformadas rápidas de Fourier y una serie de librerías para un diseño rápido. El factor de peso que involucra esto es que necesariamente, se requiere de una tarjeta de adquisición de datos con entrada analógica compatible con el controlador láser.

Solamente en caso de utilización del proyecto en análisis de unidades con superficie brillante, se recomienda la implementación de una etapa de detección de suciedad a través de una cámara CCD a color. Por medio de análisis e investigación se puede crear un analizador de imágenes en tiempo real mientras la unidad se encuentra en movimiento. Una mejora como esta incrementaría indicadores internos de la empresa.

Bibliografía

Bases de Datos con Visual Basic, Jeffrey P. PcMcManus, Prentice Hall. Madrid, 1999.

LabVIEW: User manual. National Instrument Corporation. TX, USA. 2000

LabVIEW: Datalogging and Supervisory Control Module Developer's Manual. TX, USA. 2001.

LabVIEW: Data base Connectivity Toolset User Manual. National Instrument Corporation. TX, USA. 2001.

LabVIEW: Basics I Course Manual. National Instrument Corporation. TX, USA. 2000.

LabVIEW: Basics II Course Manual. National Instrument Corporation. TX, USA. 2000.

Using External Code inLabVIEW. National Instrument Corporation. TX, USA. 2000

Running Microsoft Access 2000. John Bisecas. Microsoft Press. Washington D.C., USA, 2000.

Páginas Web:

www.mspress.microsoft.com

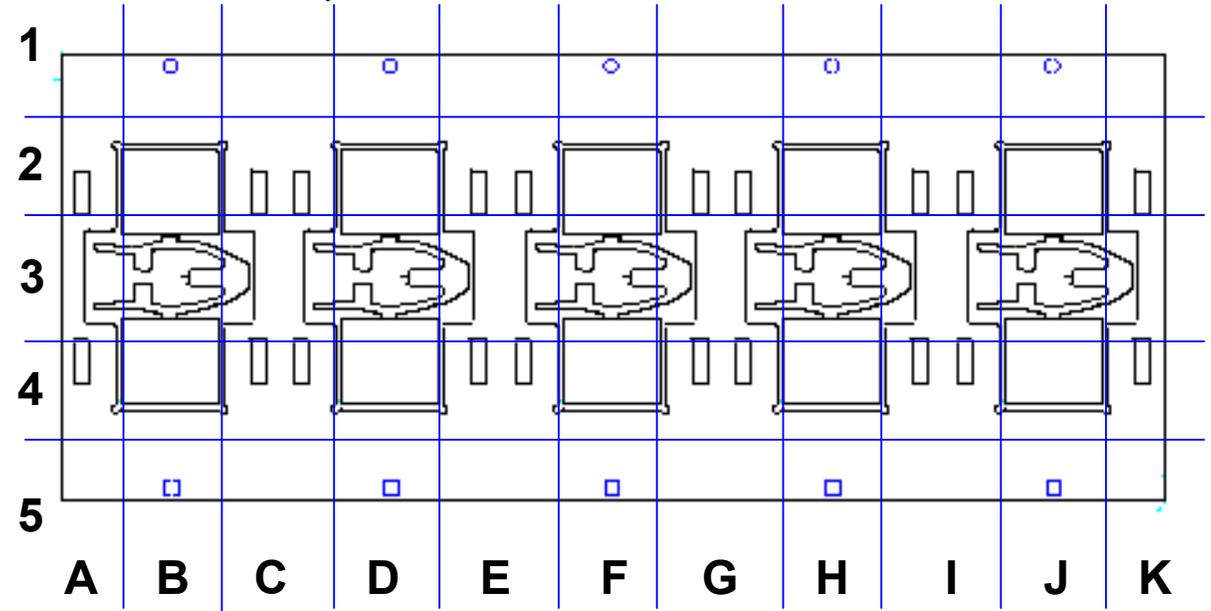
www.smema.com

www.ni.com.

www.lawebdelprogramador.com

Apéndices y anexos

Apéndice A.1 Machote utilizado para la recolección de datos para determinar cuáles zonas tienen mayor incidencias de suciedad.



Tarjeta I/O digital Opto acoplada de 48 bits.

Información General

- 24 entradas aisladas (0-28 VDC)
- 24 salidas aisladas con relé de estado sólido.
- Capacidad de acople para más de 120 mA.
- Filtro Digital en las entradas.
- Alta Tecnología de Transferencia de Datos por medio de sofisticados controladores de Flujo.

Programas para Aplicaciones

- LabVIEW
- Measurement Studio.

Sistemas Operativos

Windows 2000/NT/Me/9x

Facilidades.

- Aisla la Computadora de otros Dispositivos.
- Salidas permiten manejo de corrientes altas.
- Permite el acoplamiento de señales que no son AC o DC.
- Control de dispositivos sensibles a cambios de corriente.
- Evita Problemas con las Tierras.
- Sensado de señales fuera de los rangos TTL DC
- Detecta cambios en las líneas digitales.
- Control de relés mecánicos.

Este tipo de tarjeta es de 48 bits en paralelo, con aislamiento digital en entradas y salidas y dependiendo del modelo se adapta a una PC tipo desktop o una laptop. En total contiene 24 entradas ópticamente aisladas y 24 salidas con relé de estado sólido. La tarjeta de National Instruments NI 6527 puede sensar niveles digitales que exceden los 28VDC y controlar en la salida hasta 120mA. Este sistema aislado en las entradas y salidas de la tarjeta, se encargan de proteger cualquier sistema de ruido y picos en las señales y problemas con las tierras.



Figura B1.1 Fotografía de la NI 6527.

HARDWARE

Permite la lectura de señales lógicas ya sean para niveles TTL o no. cada uno de las entradas presenta dos pines, uno de los cuales es el pin de la señal y el otro su referencia. De esta manera, una caída de potencial desde 2 a 28VDC lo considera como un nivel alto. Por el contrario, una diferencia de potencial desde 0 hasta 1V como un nivel bajo. Este tipo de tarjeta tiene la característica de que puede aislar hasta 60VDC desde los pines de conexión hasta el computador.

Mensajería – Notificación de Cambio

El dispositivo tiene la capacidad de generar un mensaje cada vez que una o más entradas seleccionadas por el usuario cambie, ya sea de bajo a alto o viceversa. Cuando pasa esto, el controlador puede leer el estatus de cualquier otra entrada, fijar salidas o ejecutar alguna otra operación programada. Por medio de esta característica, se permite el monitoreo de líneas sin necesidad del polling, significando mayor eficiencia en el CPU.

Rebotes y Ruido de Línea

Cada entrada digital puede ser digitalmente filtrada para evitar un improvisado pico o falla afecte el estado de la línea. Cuando se utiliza la mensajería, bloques de filtrado se encargan de no provocar que se den cambios falsos, pues son provocados por eventos como ruido en la línea de entrada.

Salida Digital

Esta parte la conforman los 24 relés de estado sólido que pueden manipular corrientes relativamente altas y además niveles lógicos que sean niveles TTL o no. por medio de la escritura de un cero lógico a una de las salidas, se logra que se cierren las conexiones del circuito. Caso contrario ocurre cuando se escribe un nivel alto. Los relés de estado sólido tienen la capacidad de controlar un máximo de 60VDC, 30V_{RMS} o 120mA y se encuentra aislado para mas de estos valores entre el computador y los canales.

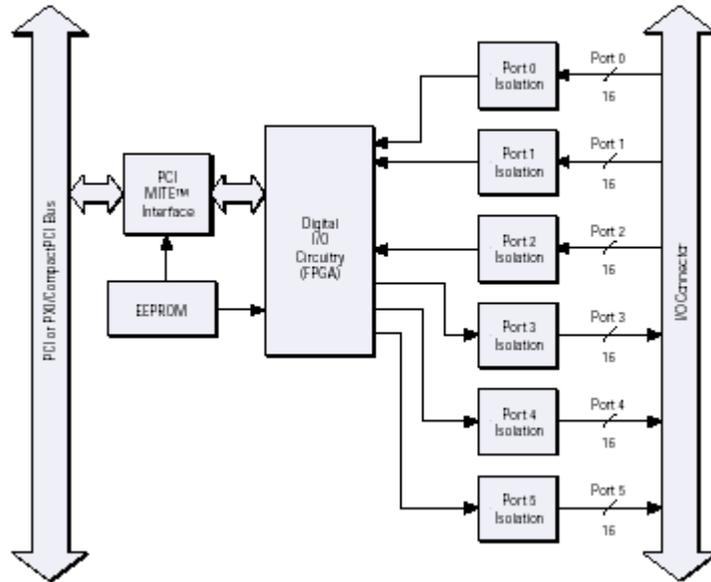


Figura B1.2 Diagrama de Bloques de la Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527.

La tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527, posee en su salida la circuitería necesaria para protegerse contra corrientes transitoria que se encuentren sobre los valores máximos especificados. Cuando una corriente excesiva circula a través del relé, este limita la corriente hasta aproximadamente 260mA (típicamente.)

Por defecto, los relés de estado sólido se encienden abiertos (líneas digitales en alto.), pero perfectamente el usuario puede configurar esta particularidad para cada línea de salida independientemente, por medio de una utilidad que posee el Programa de Desarrollo de Actividades.

Conector de Entradas/Salidas

El conector de Entradas/Salidas para este tipo de tarjeta consiste en un enchufe tipo hembra de 100 pines, como el que se muestra en la Figura B1.3. Ahora, si la aplicación requiere de ciertas características de seguridad para este tipo de conectores, existen en el mercado varios tipos de accesorios como cables con cubiertas especiales o bien cajas de conexión para empotrar.

Para aplicaciones que no requieran aislamiento y a 5V, existe en el conector de Entradas/Salidas una toma de +5V y GND, lo cual elimina la necesidad de un fuente de alimentación externa.

DIG+2.7	1	51	DIG+5.7
DIG-2.7	2	52	DIG-5.7
DIG+2.6	3	53	DIG+5.6
DIG-2.6	4	54	DIG-5.6
DIG+2.5	5	55	DIG+5.5
DIG-2.5	6	56	DIG-5.5
DIG+2.4	7	57	DIG+5.4
DIG-2.4	8	58	DIG-5.4
DIG+2.3	9	59	DIG+5.3
DIG-2.3	10	60	DIG-5.3
DIG+2.2	11	61	DIG+5.2
DIG-2.2	12	62	DIG-5.2
DIG+2.1	13	63	DIG+5.1
DIG-2.1	14	64	DIG-5.1
DIG+2.0	15	65	DIG+5.0
DIG-2.0	16	66	DIG-5.0
DIG+1.7	17	67	DIG+4.7
DIG-1.7	18	68	DIG-4.7
DIG+1.6	19	69	DIG+4.6
DIG-1.6	20	70	DIG-4.6
DIG+1.5	21	71	DIG+4.5
DIG-1.5	22	72	DIG-4.5
DIG+1.4	23	73	DIG+4.4
DIG-1.4	24	74	DIG-4.4
DIG+1.3	25	75	DIG+4.3
DIG-1.3	26	76	DIG-4.3
DIG+1.2	27	77	DIG+4.2
DIG-1.2	28	78	DIG-4.2
DIG+1.1	29	79	DIG+4.1
DIG-1.1	30	80	DIG-4.1
DIG+1.0	31	81	DIG+4.0
DIG-1.0	32	82	DIG-4.0
DIG+0.7	33	83	DIG+3.7
DIG-0.7	34	84	DIG-3.7
DIG+0.6	35	85	DIG+3.6
DIG-0.6	36	86	DIG-3.6
DIG+0.5	37	87	DIG+3.5
DIG-0.5	38	88	DIG-3.5
DIG+0.4	39	89	DIG+3.4
DIG-0.4	40	90	DIG-3.4
DIG+0.3	41	91	DIG+3.3
DIG-0.3	42	92	DIG-3.3
DIG+0.2	43	93	DIG+3.2
DIG-0.2	44	94	DIG-3.2
DIG+0.1	45	95	DIG+3.1
DIG-0.1	46	96	DIG-3.1
DIG+0.0	47	97	DIG+3.0
DIG-0.0	48	98	DIG-3.0
+5 V	49	99	+5 V
GND	50	100	GND

Figura B1.3 Diagrama de Pines de la tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527.

Especificaciones de la Tarjeta de Adquisición de Datos NI 6527

Digital I/O Specifications

Digital I/O Specifications

Measurements

Specifications

NI 653x (Continued)

Environment

Operating temperature	0 to 55 °C. DAQCard should not exceed 55 °C while in PCMCIA slot
Storage temperature	-20 to 70 °C
Relative humidity	10% to 90% noncondensing

Certifications and Compliances

CE Mark Compliance

NI 6527

These specifications are typical for 25 °C unless otherwise noted.

Digital Input

Optically isolated input channels	24, each with its own isolated ground reference
Maximum input voltage	28 VDC

Digital Logic Levels

Level	Minimum	Maximum
Input low voltage	0 VDC	1 V
Input high voltage	2 VDC	28 VDC

Input current

5 V input	1.5 mA/channel max
24 V input	8 mA/channel max
Isolation	60 VDC channel-to-channel, and from computer

Digital Switch Output

Solid-state relay output channels	24, each with two terminals isolated from other channels
Relay type	Normally open form A solid-state relays

Maximum switching voltage

AC	30 V _{rms} (42 V peak)
DC	60 VDC
Maximum switching capacity, 25 °C	120 mA
Common-mode isolation	60 VDC or 30 V _{rms} (42 V peak) channel-to-channel and channel-to-computer

On resistance

Off leakage current (maximum)	35 Ω maximum
Relay set time (maximum)	200 nA
Relay reset time (maximum)	3.0 ms
Power-on state	Relays open by default, can be user-defined through software utility
Overcurrent protection on outputs	260 mA, typical

Power Requirement

+5 VDC (±5%)	500 mA, maximum
Power available at I/O connector	+4.5 to +5.25 VDC, fused at 1 A

Physical

Dimensions (not including connectors)	
PCI-6527	17.5 by 10.7 cm (6.9 by 4.2 in.)
PXI-6527	16 by 10 cm (6.3 by 3.9 in.)
I/O connector	100-pin keyed female

Environment

Operating temperature	0 to 50 °C
Storage temperature	-20 to 70 °C
Relative humidity	10% to 90%, noncondensing

Certifications and Compliances

CE Mark Compliance

NI 650x

These specifications are typical for 25 °C unless otherwise noted.

Digital I/O

Number of channels	
NI 6503	24
NI 6507, NI 6508	96
Compatibility	5 V TTL/CMOS
Power-on state	Input
Digital logic levels	

Level	Minimum	Maximum
Input low voltage	-0.3 V	0.8 V
Input high voltage	2.2 V	5.3 V
Output low voltage (I _{out} = 2.5 mA)	-	0.4 V
Output high voltage (I _{out} = 2.5 mA)	3.7 V	-

Transfer rate

Bus	Maximum with NI-DAQ Software	Typical Sustainable Rate
PCI, PXI, DAQCard, ISA	50 kbytes/s	1-10 kbytes/s
DAQPad	250 bytes/s	175 bytes/s

Note: Transfer rate depends on the computer and software. The rates may vary due to programming language and code efficiency, CPU utilization, transfer methods, and so on. Please consult the user manual for specifics. The DAQPad650x transfer rate is dependent upon available USB bandwidth.

Handshaking

Data transfers

Bus interface

PCI, PXI, DAQCard, DAQPad, AT

Power Requirements

Device	+5 VDC (±5%)	Power Available at I/O Connector
6507/8 and PCI-6503	400 mA	+4.65 to +5.25 VDC, 1 A fused
DAQCard-DIO-24	15 mA	+4.65 to +5.25 VDC, 500 mA
PC-DIO-24	160 mA	+4.65 to +5.25 VDC, 1 A fused

Device	+9 to +30 VDC	Power Available at I/O Connector
DAQPad-6507/8	150 mA at 12 VDC typical; 1 A max	+4.65 to +5.25 VDC, 1 A fused

Physical

Dimensions	
PCI-6503	12.2 by 9.5 cm (4.8 by 3.7 in.)
DAQCard-DIO-24	Type II PC Card
PC-DIO-24	11.7 by 10.6 cm (4.6 by 4.2 in.)
PCI-DIO-96	13.7 by 10.7 cm (5.4 by 4.2 in.)
PXI-6508	10 by 16 cm (3.9 by 6.3 in.)
PC-DIO-96	16.5 by 9.9 cm (6.3 by 3.9 in.)
DAQPad-6507/8	14.6 by 21.3 by 3.8 cm (5.8 by 8.4 by 1.5 in.)

I/O Connector

NI 6503, except DAQCard	50-pin male
DAQCard-DIO-24	25-pin female PCMCIA
NI 6508, except PC-DIO-96	100-pin female 0.050 series D-type
PC-DIO-96	100-pin male ribbon cable

Environment

Operating temperature	0 to 55 °C. DAQCard should not exceed 55 °C while in PCMCIA slot
Storage temperature	-20 to 70 °C
Relative humidity	10% to 90% noncondensing

For information on static digital I/O in the VXI form factor, refer to the VXI Solutions Product Guide.

Certifications and Compliances

CE Mark Compliance 

Anexo B.2 Información adicional sobre el Sensor Cortina Láser Z4LC de Omron.



Figura B2.1 Fotografía del sensor Cortina Láser Z4LC.

El sensor Z4LC es un dispositivo que se utiliza en áreas industriales de cualquier tipo y básicamente su función es la de medición de unidades, las cuales tienen que pasar entre las partes de medición: el emisor y el receptor. El emisor lo representa una cortina láser la cual es medida por medio de un sensor el cual funciona como receptor. Por otro lado, en la figura B2.1 se muestra una fotografía del sensor y del controlador del equipo. La siguiente figura muestra el principio de funcionamiento que tiene este tipo de dispositivo.

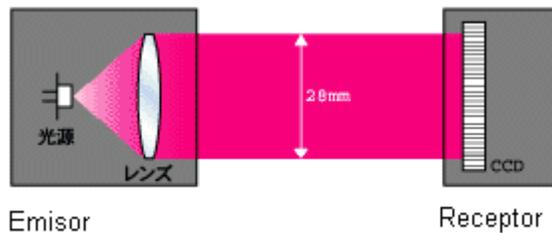


Figura B2.2 Principio de funcionamiento del sensor Cortina Láser Z4LC.

En la figura B2.2 se denota la manera como trabaja el dispositivo, y además de la capacidad máxima de medición que puede señalar. Por medio de la emisión de una referencia láser intensa y uniforme y de un sensor optosensitivo, se logra una precisión de $\pm 0.01\text{mm}$, ya que el sistema funciona a partir de la detección de la sombra producida por el objeto que se encuentra entre las partes. Como es lógico,

la sombra es directamente proporcional a las dimensiones del objeto, entonces el receptor capta 1 dimensión del cuerpo para que el controlador se encargue de realizar el cálculo, la medición del tamaño y la posición del mismo.

En la figura B2.3 se muestran varios ejemplos de aplicaciones del dispositivo. El tipo de uso esta muy asociado con el modo de operación del controlador, pues como se analizará mas adelante, existen varias maneras de detección de u modos de medición que se adaptan a diferentes casos.

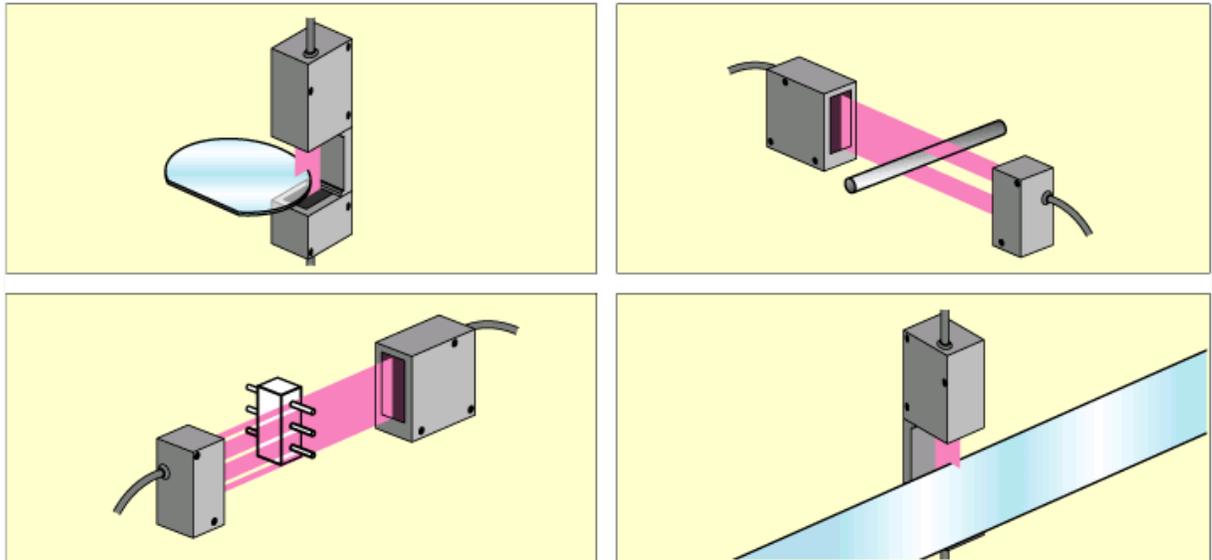


Figura B2.3 Diferentes aplicaciones del sensor de cortina de láser en la industria.

MODOS DE OPERACIÓN DEL CONTROLADOR.

Este controlador tiene varios modos de operación para las diferentes aplicaciones que se puedan presentar en la industria. En total existen 9 posibilidades diferentes, las cuales se detallan a continuación:

1. Lectura sombra:

Mide el ancho de la sombra desde la primer línea de sombra detectada.

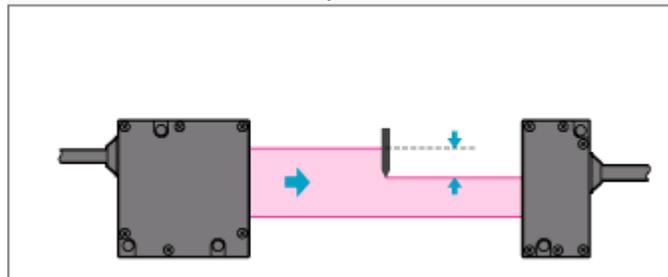


Figura B2.4 Ejemplo de medición por lectura de sombra.

2. Lectura de la primer área iluminada:

Realiza la medición desde el final de la sombra hasta el inicio de otra sombra o final del área de medición, dependiendo del numero de sombras que se detecten.

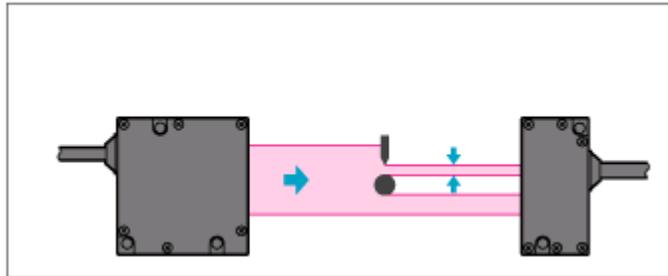


Figura B2.5 Ejemplo de medición de primer área iluminada.

3. Diámetro del objeto:

Realiza una medición desde el final de una sombra hasta el inicio de la ultima área iluminada.

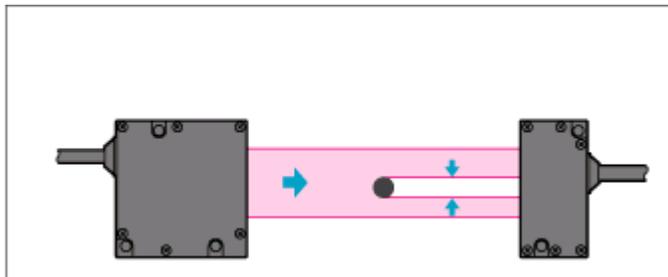


Figura B2.6 Ejemplo de medición de lectura de Diámetro.

4. Posición del objeto:

Realiza una medición relativa desde la primer línea iluminada hasta la parte central del objeto que produce la sombra.

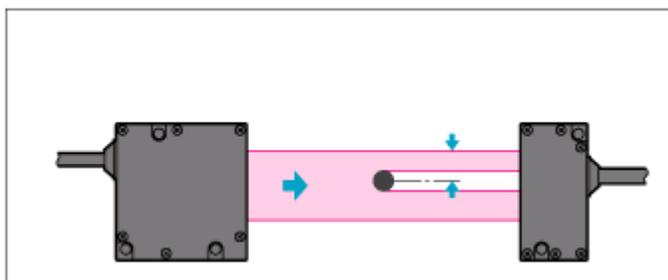


Figura B2.7 Ejemplo de medición de lectura de Posición de Objeto.

5. Grado de Inclinación del Objeto

Realiza una medición de inclinación del objeto y además inspecciona si el objeto se encuentra centrado o no.

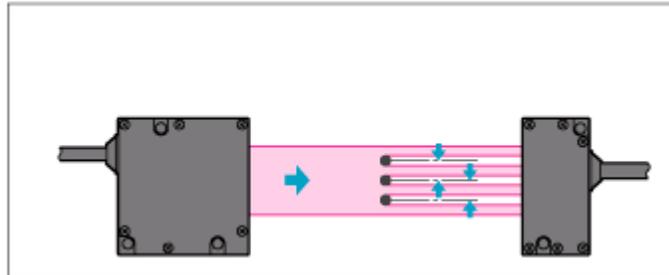


Figura B2.8 Ejemplo de medición de lectura de Inclinación del Objeto.

6. Diámetro de Pines:

Tiene la capacidad de poder realizar la medición del diámetro para varios pines al mismo instante.

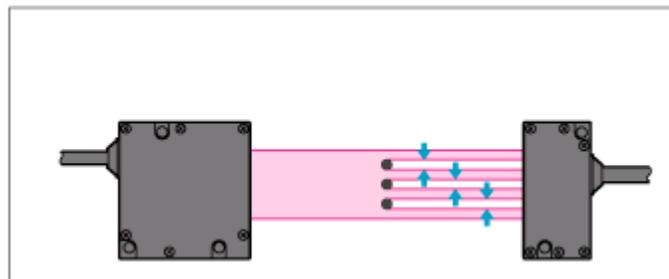


Figura B2.9 Ejemplo de medición de lectura Diámetro de Pines.

7. Determinación de Número de Líneas de Sombra:

Realiza un conteo del numero de líneas de sombra existentes en el objeto.

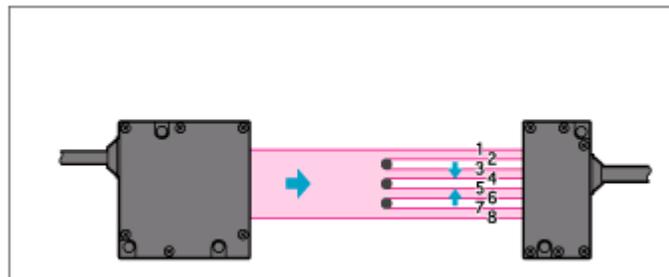


Figura B2.10 Ejemplo de medición de Número de Líneas de Sombra.

8. Determinación de la Posición de un Cable:

Este funciona exactamente que el modo de determinación de posición de objeto, pero especialmente desarrollado para líneas finas con un mínimo de espesor de 0.1mm.

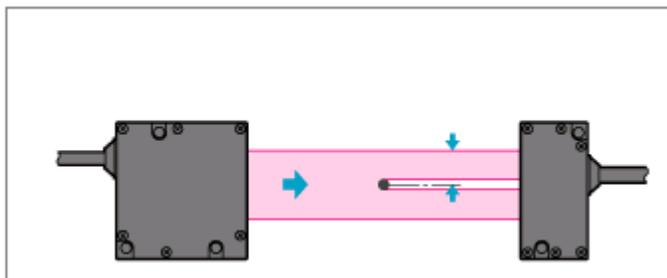


Figura B2.11 Ejemplo de medición de lectura de Posición de Cables.

9. Determinación de la línea de sombra para objetos transparentes.

Detecta la línea de sombra para objetos que son transparentes, de tal manera que la medición se realiza entre un extremo del sensor y la primer sombra distorsionada que presenta el cristal. En la figura 3, se muestra un ejemplo de este tipo de medición.

SEÑALES I/O

Una vez analizada todos los modos de operación, se estudiarán el tipo de salidas que presenta el módulo para poder obtener los resultados.



Figura B2.12 Fotografía de las I/O que presenta el controlador del sensor de Cortina Láser.

En la figura 11, se muestra la parte trasera del dispositivo, con la respectiva descripción de puertos. Entre los datos más importantes que se pueden extraer para cada caso están los siguientes:

A. Entrada de Alimentación:

El módulo necesita una entrada de 24 VCD, con la respectiva entrada de neutro. Necesita una fuente que sea bien estable y que al menos entregue 1A. Este tipo de voltaje es idéntico al de alimentación de los PLC, por ende, este tipo de dispositivos se acopla fácilmente con estos.

B. Puertos de Control de los Sensores:

Tanto para el emisor como para el receptor existe un puerto independiente. Estos se encargan de proveer la alimentación y las líneas de control necesarias para que el sistema funcione correctamente. Estos puertos tienen un tipo de acople tipo enchufe, lo que permite una fácil instalación y manejo de los sensores. El puerto más pequeño se conecta al emisor.

C. Puerto RS-232.

Este puerto es bidireccional, y permite por medio del mismo el manejo y control del dispositivo por medio de un computador. En otras palabras, el puerto RS-232, funciona como un puerto de control del dispositivo, de tal manera que el usuario pueda chequear los parámetros que están implícitos en el controlador o bien, cambiarlos para cada modo (condiciones de medición, valores de discriminación, condiciones de comunicación y opciones). Además, por medio de este puerto se pueden obtener los resultados de la medición en milímetros, por medio del un comando y de las recepción de los 4 dígitos que presenta el display. La siguiente figura muestra el tipo de conexión que se puede realizar por medio de este puerto.



Figura B2.13 Conexión del sensor por medio del Puerto RS-232.

Una de las particularidades de este puerto es que es totalmente configurable, de tal manera que se pueda variar características típicas como velocidad de transmisión, paridad, número de bits de parada, etc.

D. Puerto I/O.

Es utilizado como entrada de control y como salida de los resultados de las mediciones. Este es uno de los puertos de 28 pines y es uno de los más interesantes que presenta el módulo ya que contiene pines de control (7 en total) y de salida (21 en total). La resolución de la medición es de 12 bits (D0 - D12). Por otra parte, como

anteriormente se citó, el dispositivo fue diseñado para adaptarlo a un PLC, para lo cual, posee una salida analógica lineal de corriente que se encuentra entre 4 a 20mA, con una impedancia de salida de 300Ω. Esta salida tiene su propio terminal de referencia para posibilitar el aislamiento de circuitos.



Figura B2.14 Conexión del sensor a un PLC.

Las tablas 1 y 2 presentan la descripción de cada uno de los pines, así como las características más relevantes de los mismos.

Tabla B2.1 Especificaciones de los pines del Puerto I/O.

I/O	Señales	Especificaciones
Señales de Entrada	Habilitación de Entrada (ENABLE) Entrada LD-OFF (LD-OFF). Selección de Banco (BANK). Entrada de Forzar a cero (ZERO) Reseteo Externo (EXRESET)	Entrada Opto acoplada. Voltaje de Entrada: 12 a 24 VDC \pm 10% Voltaje ON: 10.2 VDC min. Voltaje OFF: 3.0 VDC máx. Corriente de Entrada: 10mA (Típico.)
Señales de Salida	Salidas Discriminantes (HI, PASS, LO) Salida de Error (ERR)	Salidas tipo NPN con Colector Abierto. 30 VDC 20mA máx. Voltaje Residual 2V máx.
Salidas de Datos Binarios	$\overline{D0}$ a $\overline{D11}$, \overline{STB}	Salidas tipo NPN con Colector Abierto. 30 VDC 20mA máx. Voltaje Residual 2V máx.
Salida Analógica Lineal.	Salida Lineal GND para salida Lineal.	4 a 20 mA. Impedancia de entrada de 300Ω máx.

Una de las características importantes del controlador, son las salidas discriminantes. Estas son representadas por los pines 9 (PASS), 22 (HI) y 23 (LOW.) Cuando se finaliza una medición, por medio de los parámetros de nivel fijados, el controlador interpreta la lectura como alta (HI) si el resultado sobrepasa el valor limite superior; como bajo (LOW) si por el contrario, la lectura es inferior al valor mínimo; o bien como correcto (PASS) si el resultado se encuentra dentro de los limites tolerables. La figura 15 muestra un gráfico donde se ejemplifica lo anteriormente descrito.

Tabla B2.2 Descripción de Pines del Puerto I/O.

Pin No.	I/O	Señal	Pin No.	I/O	Señal
1	O	Output COM	15	O	Output COM
2	O	D0 (LSB)	16	O	D1
3	O	D2	17	O	D3
4	O	D4	18	O	D5
5	O	D6	19	O	D7
6	O	D8	20	O	D9
7	O	D10	21	O	D11
8	O	STB	22	O	HI
9	O	PASS	23	O	LOW
10	O	ERR	24	I	LD-OFF
11	I	ZERO	25	I	BANK
12	I	ENABLE	26	I	EXRESET
13	I	Input COM	27	I	Output COM
14	O	Linear Output GND	28	O	Linear Output

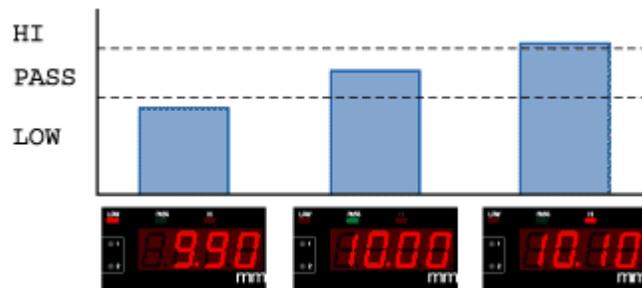


Figura B2.15 Ejemplos de Discriminación producida por el Controlador del Sensor.

