

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



**Sistema electrónico para el correcto ensamble de conectores y sistema de visión artificial,
para el reconocimiento de fallas en el patrón de color de los cables en conectores discretos.**

Por

Isaac Sáenz Fernández

**Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica
con el Grado Académico de Licenciatura**

Cartago, junio de 2017

INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

ACTA DE APROBACIÓN

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

Miembros del Tribunal



Ing. Nestor Hernández Hostaller

Profesor lector



Ing. Marvin Hernández Cisneros

Profesor lector



Ing. Hayden Phillips Brenes

Profesor asesor

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

Cartago, 9 de junio, 2017

Declaratoria de Autenticidad

Declaro que el presente Anteproyecto de Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios. En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el anteproyecto de graduación realizado y por el correspondiente contenido.

Cartago, 22 de octubre 2016



Isaac Sáenz Fernández

Céd: 1-1498-0166

Resumen

Los cables y conectores representan la base fundamental de los sistemas electrónicos, sin ellos la mayoría de los dispositivos usados a diario como celulares, computadoras tabletas entre muchos otros, no funcionarían. Por ejemplo, si existieran fallos en algunos cables internos de un teléfono celular de uso convencional, dicho móvil dejaría de funcionar inmediatamente, como consecuencia la persona afectada quedaría en un estado de incomunicación hasta sustituir el aparato o repararlo. Por esta razón, en la construcción de cables y conectores la calidad es fundamental y una de las características más importantes en la producción.

La empresa SAMTEC llega a Costa Rica en el 2006, desde entonces produce más de 1000 productos diferentes que se utilizan en computadoras automóviles aviones así como también en la NASA y el ejército de Estados Unidos. La calidad, de la mano con sistemas de verificación de funcionamiento y pruebas exhaustivas al 100% de la producción garantizan productos de alta demanda por su eficiencia y eficacia.

Siendo una de las metas de SAMTEC el mantenerse al ritmo del crecimiento tecnológico y alcanzar las expectativas del exigente mercado laboral, se plantea el desarrollo de un proyecto, el cual tiene como objetivo eliminar los errores de producción en conectores que poseen cables de color, los cuales tienen un patrón de color establecido por el cliente y dicho orden no debe ser alterado. Estos conectores son de la serie SFSD de SAMTEC y son ensamblados de forma manual por un operario insertando cada uno de los cables individualmente por lo que el error humano es la base del problema.

Para lograr eliminar los problemas de producción se desarrollaron 2 etapas, la primera un sistema asistido de ensamble para el operario, donde mediante una ayuda visual, se le indica la posición y el color del cable que debe insertar, una vez fijado el cable, le indica la posición y color del siguiente. La segunda etapa es una verificación final del conector ya terminado, donde mediante una cámara y el software Vision Builder de National Instruments, se verifica que todos los cables estén en la posición que le corresponde según el patrón de color, de no ser así, el sistema indica que existe un error en el conector.

Palabras clave: cables, conectores, SAMTEC, Vision Builder NI, identificador de color.

Abstract

Cables and connectors represent the fundamental base of electronic systems without them most of the devices used daily as cell phones, tablet computers among many others, would not work. For example, if there are flaws in some inner wires of conventional cell phone use, said movable stop functioning immediately following the affected person would be in a state of confinement to replace or repair the device. For this reason, in building quality cables and connectors it is essential and one of the most important features in production.

SAMTEC company reaches Costa Rica in 2006, since then produces over 1,000 different products used in cars as well as airplanes computers at NASA and the US Army. Quality, hand in hand with performance verification systems and extensive testing 100% of production guarantee products of high demand for efficiency and effectiveness.

Being one of the goals SAMTEC the keep pace with technological growth and meet the expectations of the demanding labor market, it proposes the development of a project, which aims to eliminate production errors in connectors have cable color, which they have a color pattern set by the client and that order should not be altered. These connectors are of SFSD of SAMTEC series and assembled manually by an operator inserting each wire individually so that human error is the basis of the problem.

To achieve eliminate production problems two stages were developed, the first one assisted assembly system for the operator, where using a visual aid, it shows the position and color of the cable to be inserted once the cable set, it indicates the position and color of the next cable. The second stage is a final check of the finished connector, where by a camera and Vision Builder National Instruments software, verified that all cables are in the position that corresponds as color pattern, otherwise, the system indicates that an error exists in the connector.

Keywords: cables, connectors, SAMTEC, NI Vision Builder, color identifier.

Dedicatoria

A mi madre por luchar siempre para darme lo mejor, estar pendiente de todo lo que necesitaba y todas sus oraciones.

A mi padre por servir de ejemplo y guía durante la carrera, y enseñarme a salir adelante pese a las dificultades.

A mis tíos Leonel y Lourdes por ayudarme siempre que lo necesité.

A Krystel por estar a mi lado durante toda la carrera, por entenderme y apoyarme todos estos años.

A Dios y todos los que hicieron esto posible... Gracias.

Agradecimiento

Agradezco al profesor Hayden Phillips Brenes, por su guía y ayuda durante el desarrollo del proyecto y su interés para alcanzar el éxito del mismo.

Al Ing. Cesar Lopez por la disponibilidad, ayuda y tiempo invertido para lograr la implementación.

A todos los compañeros de SAMTEC, por la ayuda y experiencia de trabajar con todos ustedes.

Y a todas aquellas personas, que de alguna u otra forma, formaron parte de este proceso y me ayudaron a alcanzar el éxito.

Índice general

Índice de Figuras	9
Índice de Tablas	10
Capítulo 1	11
Capítulo 2	14
2.1 Justificación del proyecto.....	14
2.2 Planteamiento de las soluciones.....	15
2.2.1 Solución 1:	15
2.2.2 Solución 2:	16
2.2.3 Solución 3:	16
2.3 Comparación y selección de la solución.	18
Capítulo 3	20
3.1 Estrategia de la implementación de la solución.	20
3.2.1 Proceso de Diseño Fase 1.....	21
3.2.2 Proceso de Diseño Fase 2.....	34
Capítulo 4	51
4.1 Conclusiones y recomendaciones	51
Bibliografía	53
Anexo B.1	55
Anexo B.2	56
Anexo B.3	57

Índice de Figuras

Figura 1.1	Conectores del area Micro/Rugged.	12
Figura 1.2	Conectores discretos de cable de color.	12
Figura 2.1	Porcentaje de defectos en las órdenes mensuales.	14
Figura 2.2	Diagrama de bloques de la solución 1	15
Figura 2.3	Diagrama de bloques de la solución 2	16
Figura 2.4	Conector de 40 posiciones.	17
Figura 2.5	Diagrama de bloques de la solución 3.	17
Figura 3.1	Patillaje NUX.	22
Figura 3.2	Patillaje NUS.	22
Figura 3.3	Patillaje NDS.	23
Figura 3.4	Patillaje NDX.	23
Figura 3.5	Pantalla de bienvenida al sistema	24
Figura 3.6	Selección del patillaje.	24
Figura 3.7	Selección de la cantidad de posiciones.	25
Figura 3.8	Pantalla de inserción del pin 1.	25
Figura 3.9	Pantalla de inserción del pin 2.	26
Figura 3.10	Pantalla de inserción del pin 3.	26
Figura 3.11	Pantalla de inserción del pin 4.	27
Figura 3.12	Pantalla final.	27
Figura 3.13	PCB del circuito de control	28
Figura 3.14	PCB del circuito adaptador	29
Figura 3.15	Ensamble de ambos PCB's conectados	29
Figura 3.16	Porcentaje de defectos en las órdenes mensuales.	31
Figura 3.17	Simulación fase 1	32
Figura 3.14	Diagrama de flujo fase 1	33
Figura 3.18	Parámetros de la cámara.	34
Figura 3.19	Parámetros de diseño	36
Figura 3.20	Sistema de iluminación	39
Figura 3.21	Sistema de visión	40
Figura 3.22	Conectores inclinados siendo encontrados por el sistema de visión.	41
Figura 3.23	ROI en cada uno de los cables del conector	41
Figura 3.24	Plano del conector SFSD	42
Figura 3.25	Posición y color de los 100 cables	43
Figura 3.26	Ejemplo de identificación de color (Café, Naranja, Verde, Gris y Negro)	43
Figura 3.27	Ejemplo de identificación de color (Azul, Blanco, Morado, Amarillo y Rojo)	44
Figura 3.28	Cuadro de diálogo de cantidad de posiciones	44
Figura 3.29	Identificación correcta del lado 1	45
Figura 3.30	Identificación correcta del lado 2	46

Índice de Tablas

Tabla 2.1	Comparación de las 3 soluciones.	18
Tabla 3.1	Tipos de patillajes de los cables.	21
Tabla 3.2	Componentes utilizados	27
Tabla 3.3	Tiempos de ensamble	29
Tabla 3.4	Escogencia de la cámara.	37
Tabla 3.5	Comparación con la cámara utilizada para el prototipo	46
Tabla 3.6	Pruebas en cable de 50 posiciones	48

Capítulo 1

1.1 Introducción

En la actualidad, los cables y conectores constituyen una parte vital de los sistemas electrónicos, debido a que se encuentran en las conexiones internas de todo tipo de dispositivos, tanto para enviar y recibir información, como también para la alimentación eléctrica. El mercado dispone de múltiples tipos de cables y conectores, la elección de uno en particular depende, entre muchos factores: del ancho de banda necesario, las distancias existentes, los requerimientos eléctricos y el coste del medio. Por tal motivo, la fabricación de conectores y cables de calidad, representa un gran mercado hoy en día.

SAMTEC, empresa manufacturera de industria electrónica creada en 1976, arribó al país en el 2006, y desde entonces cuenta con alrededor de 1000 empleados a nivel nacional. Ofrece soluciones en el campo de la microelectrónica, óptica, cables y conectores en general. Además, esta firma es fabricante de sistemas de interconexión a nivel mundial, reconocido como el líder de la industria de los conectores. Dentro del catálogo de productos de SAMTEC se encuentran: matrices de alta densidad, conjuntos de cables coaxiales y biaxiales de alta velocidad, circuitos flexibles de alta velocidad, cables E/S robustos, conectores de todo tipo, y sistemas de placa a placa.

Los conectores “Micro/Rugged”, son desarrollados en un departamento de la empresa SAMTEC y se muestran en la figura 1.1.

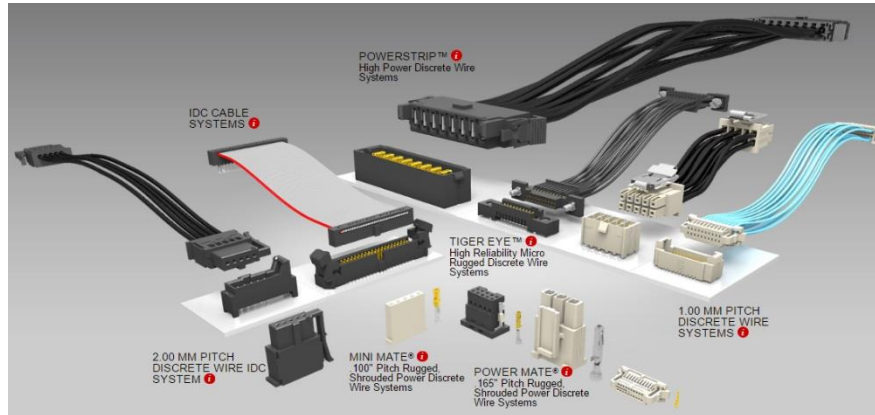


Figura 1.1 Conectores del area Micro/Rugged.

En este departamento existe una división llamada “Discrete Wire”, encargada de fabricar la serie SFSD de SAMTEC, y se muestran en la figura 1.2. Estos conectores están compuestos por una serie de cables con un patrón de color y orden establecido. El plano completo de la serie SFSD se puede observar en el Anexo B.3.

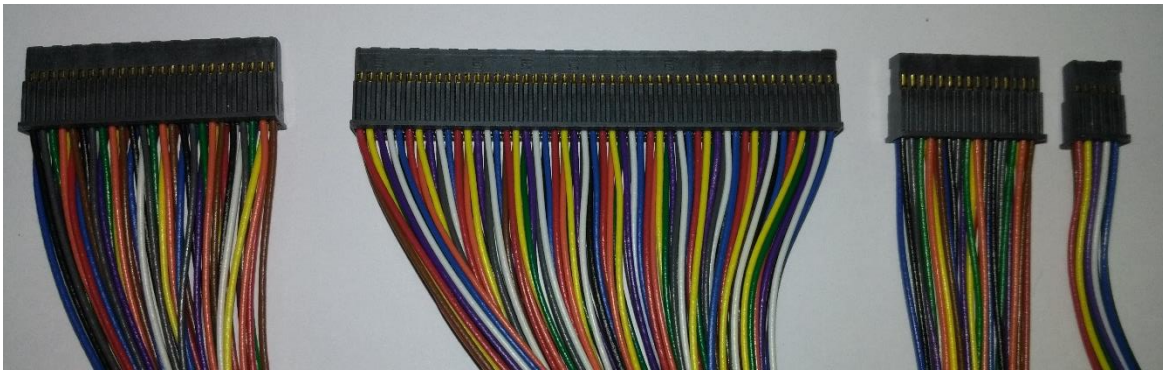


Figura 1.2 Conectores discretos de cable de color.

Los conectores de la figura 1.2 pueden ser ensamblados con un código de colores ya determinado por el comprador, además de 4 opciones de patillaje en los pines. El ensamblaje de este conector es realizado manualmente, en una operación llamada “Hand Poke”, que consiste en la inserción del cable en el cuerpo del conector por un operario, de ahora en adelante se conocerá este término como *ensamblaje*. La gama de conectores de Discrete Wire cuenta con diferentes tamaños que van desde los 2 cables hasta los 100 cables, en la figura 2 vemos de izquierda a derecha el conector de 25 posiciones, 40 posiciones y 5 posiciones por fila, por lo que cada conector cuenta con 50, 80 y 10 cables respectivamente.

Al ser un proceso manual, el error humano es una posibilidad latente dentro de la etapa de ensamblaje. Actualmente, a través de un sistema, se realizan las mediciones necesarias para asegurar que el cable cumpla con los requerimientos eléctricos, sin embargo no se cuenta con ningún dispositivo que detecte la correcta posición de los cables en el patrón de colores establecido.

1.2 Objetivos y estructura del documento

El proyecto tiene como objetivo principal, desarrollar un sistema electrónico capaz de identificar errores de conexión en los cables y en el patrón de colores de los conectores, para luego mostrar los resultados en una pantalla en la línea de producción. Este diseño pretende solucionar los problemas de calidad que actualmente presenta la planta de producción, en los conectores de color del área de Discrete Wire de SAMTEC.

Para el desarrollo de la solución se pretende investigar acerca de herramientas de software y de hardware capaces de identificar, corregir y alertar sobre errores de calidad, tanto en el patrón de color de los cables, como del correcto patillaje de pines en el conector, durante el proceso de fabricación de los conectores. En cuanto a la estructura del documento, este se encuentra dividido en 4 capítulos. En la primera sección, se da una introducción al proyecto además del objetivo principal de la implementación. También, se brinda una aproximación del entorno del proyecto en la empresa y el departamento donde éste será implementado.

En el capítulo 2, se abordan las métricas de calidad que se perciben actualmente y muestran la importancia de la implementación, posteriormente, se plantean 3 diferentes soluciones y un análisis de las mismas para la escogencia de la solución más adecuada. En el apartado 3 se encuentran los detalles técnicos del desarrollo del proyecto, estableciendo los pasos necesarios para llegar a la solución del problema, así como las dificultades surgidas en cada uno de los módulos de la solución. En el cuarto y último capítulo se encuentran las conclusiones obtenidas del análisis, además de las recomendaciones a futuro, para garantizar la sostenibilidad en el tiempo de la solución.

Capítulo 2

2.1 Justificación del proyecto

La empresa SAMTEC, cuenta con altos estándares de calidad para asegurar a sus clientes la fiabilidad del 100% de sus productos, por lo que la implementación de sistemas de asistencia en el ensamblaje y dispositivos de verificación por visión artificial, son de vital importancia para la empresa. Para cuantificar los errores que se presentan en el piso de producción, se utiliza el porcentaje de OD (Order Defects) como se puede observar en la figura 2.1. En la gráfica se muestran los datos desde febrero del 2016 hasta enero del 2017.

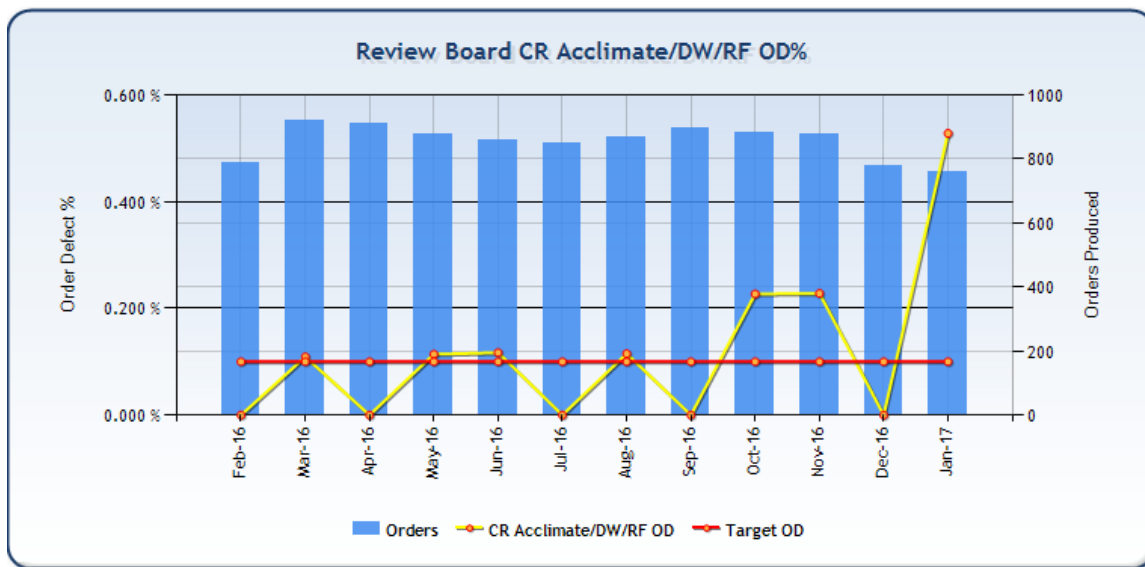


Figura 2.1 Porcentaje de defectos en las órdenes mensuales.

La línea roja representa la meta o el valor máximo de porcentaje de OD permitido en el departamento, para Discrete Wire es de 0,1%, mientras que la línea amarilla representa la métrica de cada mes versus la cantidad de órdenes producidas (barras azules). De la gráfica se puede observar que los niveles en los meses de marzo, junio y agosto estuvieron por encima de la meta, y durante los meses de octubre, noviembre del 2016 y enero del 2017 sobrepasaron los límites permitidos. Debido a la cantidad de errores en la producción, se evalúa la posibilidad de implementar un sistema para reducir los niveles de OD.

2.2 Planteamiento de las soluciones

En los siguientes apartados se plantearán 3 posibles soluciones, cada una de ellas con la respectiva ruta de diseño y los módulos que poseen, además mediante un cuadro comparativo se determinará la mejor alternativa, con su plan de implementación. Es necesario recalcar que, dada la naturaleza del proyecto, existen múltiples planteamientos al problema citado, y para la implementación final se deben establecer parámetros como la calidad, durabilidad en el tiempo, funcionalidad, costo e intereses de la empresa entre muchos otros. Para efectos de desarrollo de la implementación, se desea dividir el proyecto en 2 etapas, la primera consiste en una ayuda en el proceso de ensamble del operario, y la segunda un sistema de detección de defectos en la inspección, una vez finalizado el ensamble. Importante tomar en consideración, que la segunda etapa posee mayor importancia, por lo que la misma es evaluada en las 3 opciones de solución mientras que la etapa 1 solo se plantea en la solución 3.

2.2.1 Solución 1:

El desarrollo de la solución 1 al problema planteado por SAMTEC, seguirá un flujo de información definido, donde mediante una cámara, se obtienen imágenes de cada uno de los cables al momento de ser insertados al cuerpo del conector. Esta graba en tiempo real, y se determina si el cable insertado cuenta con los requerimientos de color establecidos para dicha posición. La salida de este módulo es una señal, o aviso visual en una pantalla, sobre el correcto patrón de color, de no ser así, se indica que hay error de conexión en el cable, para su debido proceso de reparación y continuar con el ensamble. En la figura 2.2 se muestra el flujo de datos para la solución 1.



Figura 2.2 Diagrama de bloques de la solución 1

2.2.2 Solución 2:

En la solución 2, se plantea un diagrama de bloques como el mostrado en la figura 2.3, donde se tiene un sensor de color, que determina si se insertó el cable correcto con su debido color, además un sistema mecánico se encargará de darle direccionalidad al sensor sobre todo el cuerpo del conector.

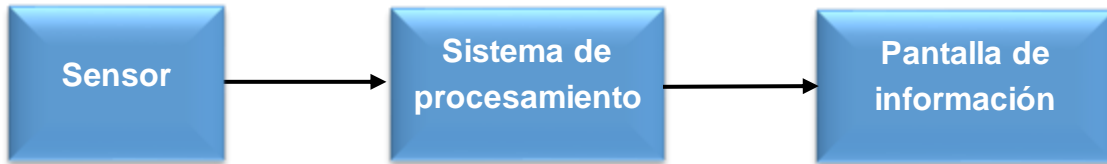


Figura 2.3 Diagrama de bloques de la solución 2

Estos datos recolectados por el sensor, se envían al sistema de procesamiento, donde este indica si el conector tiene el correcto patrón de color de cada cable, según el tamaño que corresponda. Pasada la etapa de procesamiento, se muestra en pantalla si el cable que se está ensamblando concuerda con los parámetros de calidad adecuados para su envío al cliente.

2.2.3 Solución 3:

La solución 3, tiene dos etapas de filtrado para determinar fallas en el ensamble. En la primera etapa se tiene un sistema electrónico capaz de determinar el correcto patillaje de cada cable de color. Mediante una pantalla se muestra una indicación de la posición actual, así como de la posición y color de la posición sucesiva, esto con el fin de orientar al operario. Como se puede observar en la figura 2.4, en el cuerpo de cada conector, está indicada la posición de cada cable, que para este caso en específico es el conector de 20 posiciones o 40 cables. Terminado el ensamblaje se pasa a la siguiente etapa de filtrado de calidad, donde mediante una cámara se obtiene una imagen del conector ya ensamblado al 100%, y así se determina si cuenta con el patrón de colores correcto, caso contrario, se mostrará en pantalla cuál o cuáles posiciones están incorrectas, ya sea para su reparación o para el debido descarte del mismo. En la figura 2.5 se muestra el diagrama de bloques para la solución 3.

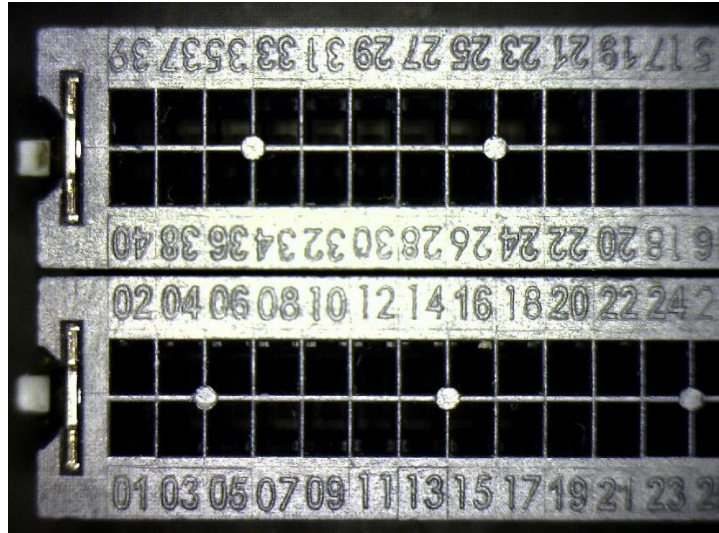


Figura 2.4 Conector de 40 posiciones.

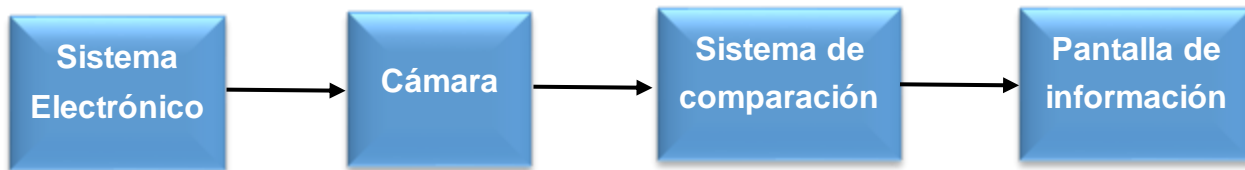


Figura 2.5 Diagrama de bloques de la solución 3.

Con lo mencionado en cada una de las tres soluciones, se tienen los aspectos generales del enfoque del proyecto, además traza un camino claro para la ejecución coordinada del proyecto, ya que se tienen definidos los aspectos de desarrollo requeridos por SAMTEC y las características que el sistema debe seguir, como el flujo de información y los módulos funcionales correspondientes.

2.3 Comparación y selección de la solución.

Al momento de la elección de la solución, se desarrolló un sistema de pesos de acuerdo a las especificaciones que son de interés para SAMTEC. Este sistema contiene puntos del 1 al 5 los cuales significan respectivamente:

1. Deficiente.
2. Regular.
3. Aceptable.
4. Bueno.
5. Excelente.

Como se puede observar en la tabla 2.1, la solución a desarrollar es la número 3, pues obtuvo el puntaje más alto. Lo anterior debido a que se adapta a los objetivos del proyecto, así como también a los requerimientos solicitados por SAMTEC. El tema de la precisión y costo de la implementación, fueron factores muy importantes y de mucho peso para la empresa, tomando en cuenta que se desea sacar el máximo provecho de la manufactura, sin aumentar los costos de sostenimiento de la línea de producción. Además, en el siguiente cuadro se comparan las 3 soluciones desde el punto de vista de la etapa 2. En el capítulo 3 se desarrollará y se expondrá todo el proceso de diseño.

Tabla 2.1 Comparación de las 3 soluciones

Característica	Solución 1	Puntaje	Solución 2	Puntaje	Solución 3	Puntaje
Tiempo total de desarrollo de la solución.	Se estima una duración de 7 meses.	3	Se estima una duración de 3 meses.	4	Se estima una duración de 4 meses.	5
Precisión en la adquisición de datos.	Precisión muy alta.	5	El sensor de color es inestable.	2	Presión acorde a los estándares de calidad.	5
Estabilidad del sistema de comparación.	Muy estable.	4	Inestable debido al sensor de color.	2	Estable por la aplicación de 2 filtros.	5
Facilidad del uso del Software.	Vision Builder posee una interfaz fácil de utilizar.	5	No requiere software de visión.	3	Vision Builder posee una interfaz fácil de utilizar.	5
Adaptación a los objetivos del proyecto.	Cumple con los objetivos del proyecto.	5	No cumple con la totalidad de los objetivos.	2	Cumple con los objetivos del proyecto.	5
Adaptación a los requerimientos de SAMTEC.	Supera los límites de presupuesto establecidos.	1	Se adapta al presupuesto, pero no supera los estándares de precisión.	1	Se adapta al presupuesto y a la precisión esperada por SAMTEC.	5
Costo total de la implementación.	\$50.000	2	\$5.000	4	\$15.000	2
Velocidad de procesamiento.	Alta velocidad.	5	Velocidad media.	3	Alta velocidad.	4
Puntuación total.	30		21		36	

Capítulo 3

3.1 Estrategia de la implementación de la solución.

Para lograr una eficiente implementación del sistema, se crearon una serie de tareas necesarias para cumplir con el objetivo general del proyecto, mismas que serán una guía para el desarrollo de la solución. Asimismo, fungirán como una idea del flujo en la creación de los módulos que componen el proyecto.

- Investigación del proceso de ensamblaje completo.
- Investigación de los requerimientos técnicos, alcances y limitaciones de las soluciones.
- Determinar los requerimientos de espacio y posición de las soluciones.
- Determinar la solución a implementar que cumpla con todos los requerimientos técnicos y de calidad necesarios.
- Compra de los componentes y software necesarios para la implementación
- Desarrollo e implementación del sistema del sistema de verificación de calidad.
- Realizar pruebas exhaustivas en todos los tipos de conectores y colores de cables.
- Desarrollar un sistema visual usuario-software para ser mostrado en una pantalla.
- Implementar un sistema de alerta al presentarse una falla en la etapa de verificación.
- Pruebas de funcionamiento en pantalla.
- Compilación de imágenes y datos relevantes para los manuales.
- Desarrollo de los manuales.
- Revisión de los manuales por parte del técnico encargado.

3.2 Proceso de Diseño, desarrollo y verificación del sistema.

En los siguientes apartados, se abarcará el proceso de diseño del sistema, además de la implementación y las pruebas funcionales de cada uno de los módulos del proyecto. En la primera parte, se detallará el proceso de diseño de la fase 1, su funcionamiento y los criterios de diseño empleados seguidamente, se muestran los detalles para la fase 2, donde se expondrá todo lo referente a la cámara, el software de visión empleado, para finalmente llegar a la integración de ambas partes para la aplicación funcional del proyecto.

3.2.1 Proceso de Diseño Fase 1.

La fase 1, es un dispositivo que ayuda al operario durante el proceso de Hand Poke. Para esta etapa se diseñó un sistema electrónico capaz de indicar el patillaje y el color de cada cable mediante un dispositivo visual, al mismo tiempo que muestra los resultados en tiempo real de cada paso que se realiza durante el ensamblaje.

Los cables de la serie SFSD poseen dos características vitales para esta etapa, la primera es las 4 opciones de patillaje, que se pueden observar en las figuras 3.1, 3.2, 3.3 y 3.4. Cada una de ellas se detalla a continuación:

- NUX: Notch Up, Cable Crossed.
- NUS: Notch Up, Cable Straight.
- NDS: Notch Down, Cable Straight.
- NDX: Notch Down, Cable Crossed.

El Notch es un dispositivo de seguridad para evitar que el conector sea insertado de manera incorrecta con el fin de evitar daños de conexión. Estos dispositivos se señalan con círculos rojos en la figura 3.1. Tomando como referencia la figura 3.2, vemos que en la vista frontal izquierda, el notch está en la parte superior derecha y en la vista frontal derecha el notch se ubica en la parte inferior izquierda, esto quiere decir, que al momento del ensamble y colocando los conectores en la posición que aparece en la figura 3.2, el pin 1 se inserta en el pin N-1, el pin 2 en la posición N, y así sucesivamente, quedando los cables derechos, sin cruzarse, como se muestra en la vista frontal de la figura 3.2.

Las 4 opciones de patillaje se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Tipos de Patillajes de los cables.

Tipo	END 1	END 2
NUS	01	N-1
NUX	01	N
NDS	01	2
NDX	01	1

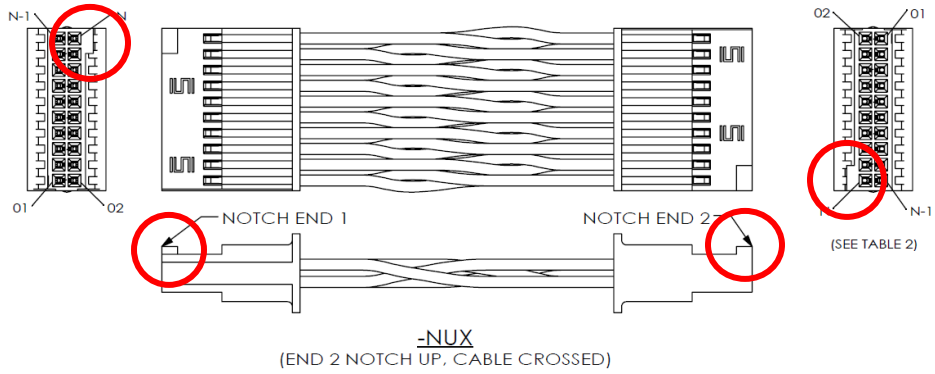


Figura 3.1 Patillaje NUX.

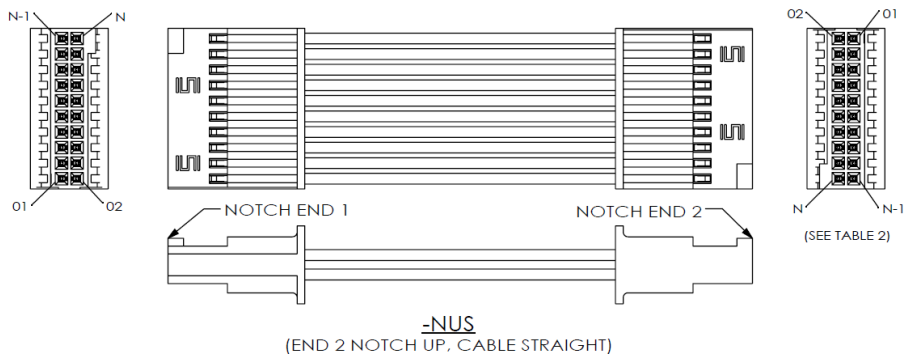
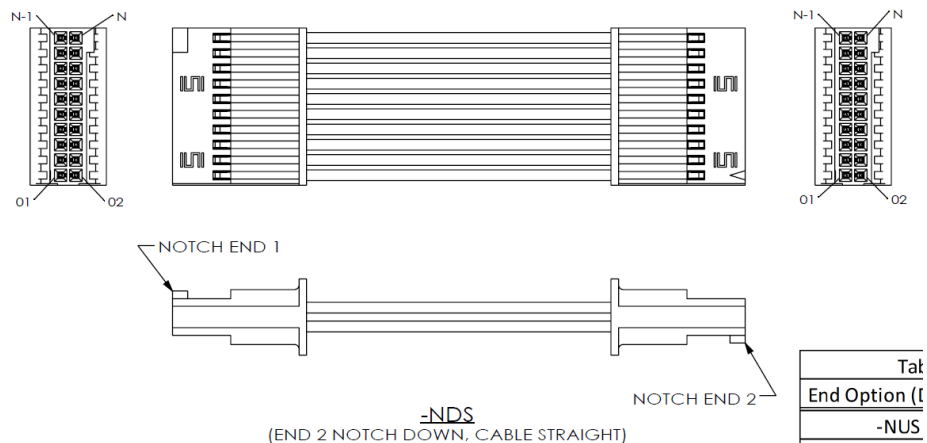
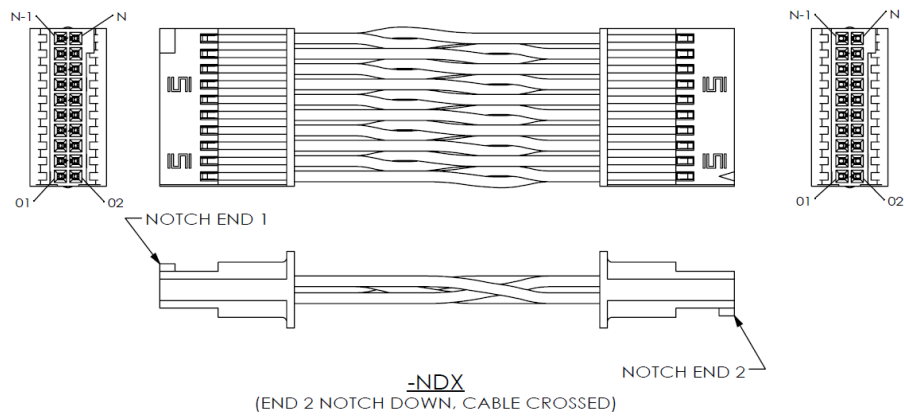


Figura 3.2 Patillaje NUS.



-NDS
(END 2 NOTCH DOWN, CABLE STRAIGHT)

Figura 3.3 Patillaje NDS.



-NDX
(END 2 NOTCH DOWN, CABLE CROSSED)

Figura 3.4 Patillaje NDX.

La segunda característica importante, es la cantidad de posiciones del conector, llamada “N”, que para esta línea de producto es de 2 a 50 posiciones que quiere decir que posee 4 a 100 cables respectivamente.

Para el diseño del sistema, se tomó en cuenta desde el conector más grande, hasta el más pequeño, para que el dispositivo fuera compatible con todos los cables. Cada una de las 100 señales debe ser censada, para determinar que el cable fue insertado correctamente y en la posición respectiva, debido a esto, se diseñó una etapa de decodificación por medio de multiplexores y demultiplexores, además de un microcontrolador.

La interfaz gráfica del dispositivo electrónico se desarrolló con una pantalla táctil Nextion de 4,3”, esta aporta la ayuda visual al operario al momento del ensamblaje, así como también inicializar el dispositivo con las 2 características mencionadas anteriormente, patillaje y posiciones. En la figura 3.5 se muestra la pantalla de bienvenida al sistema con una barra para desbloquear la pantalla.



Figura 3.5 Pantalla de bienvenida al sistema

Una vez desbloqueada la pantalla, se procede a escoger el tipo de patillaje ya sea NUS, NUX, NDS, NDX según corresponda, como se puede observar en la figura 3.6.

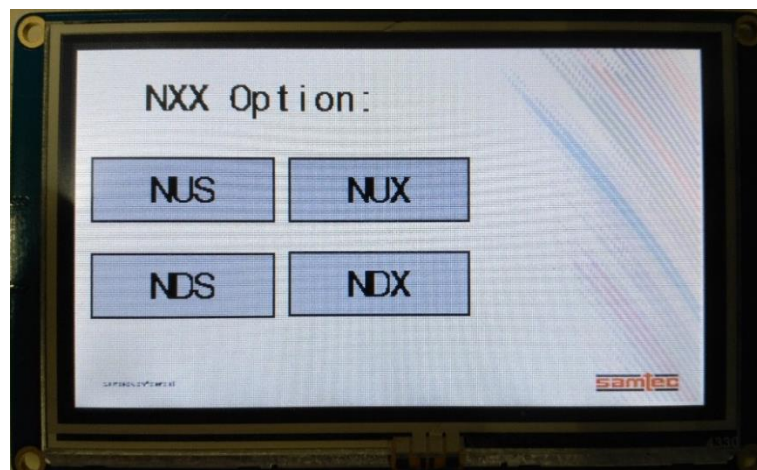


Figura 3.6 Selección del patillaje

Una vez seleccionado el patillaje, aparece la pantalla para digitar la cantidad de posiciones del cable que se va a ensamblar, como se puede observar en la figura 3.7.

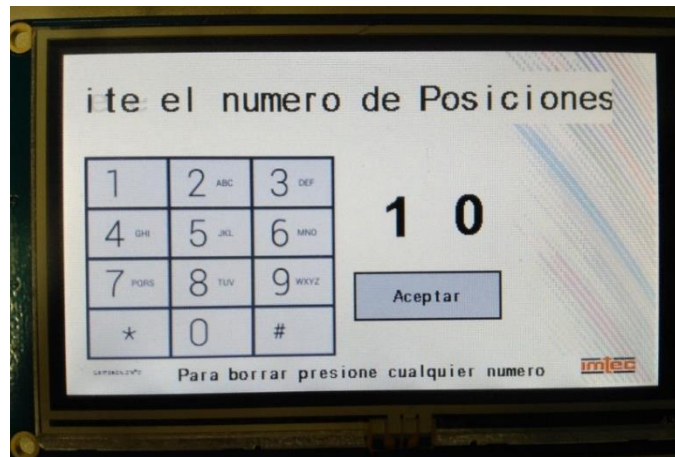


Figura 3.7 Selección de la cantidad de posiciones.

Teniendo el sistema inicializado, se procede a ensamblar el cable, primero el dispositivo muestra el número de pin que se debe insertar, además de una indicación tanto de color como verbal, del cable correcto a fijar. En la figura 3.8 se muestra el formato para la etapa de ensamble.

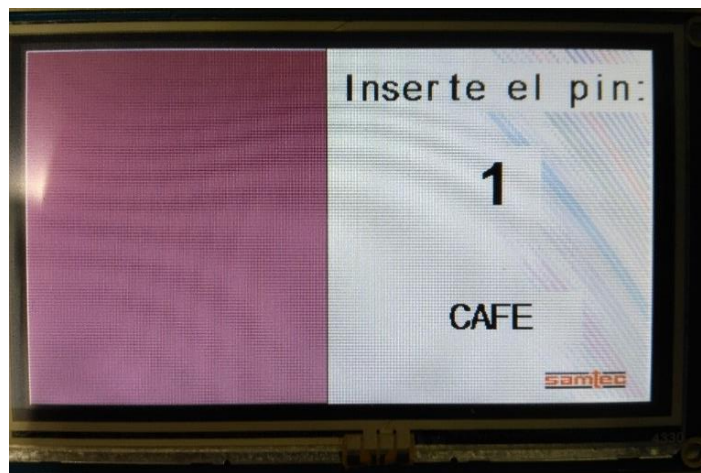


Figura 3.8 Pantalla de inserción del pin 1.

Justo al momento de insertar el cable correcto, el dispositivo envía una señal al microprocesador para cambiar al siguiente cable, como se puede observar en la figura 3.9, donde se indica que el pin a insertar es el 2 y debe ser de color rojo.



Figura 3.9 Pantalla de inserción del pin 2.

Al momento de insertar el cable correcto, el sistema continúa enviando señales de control, como se muestra en las figuras 3.10 y 3.11 con los pines 3 y 4 respectivamente.

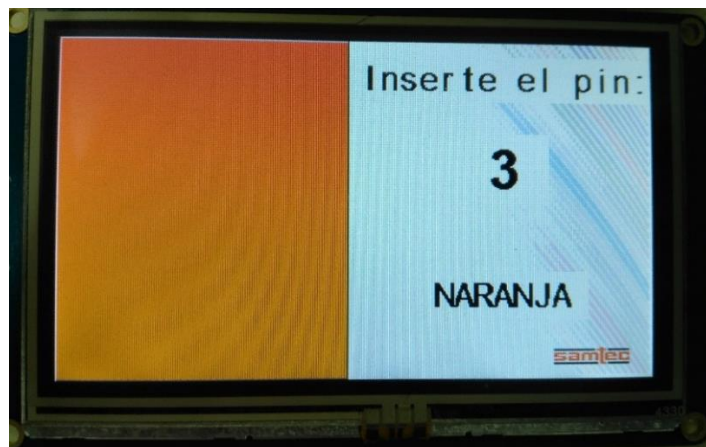


Figura 3.10 Pantalla de inserción del pin 3.

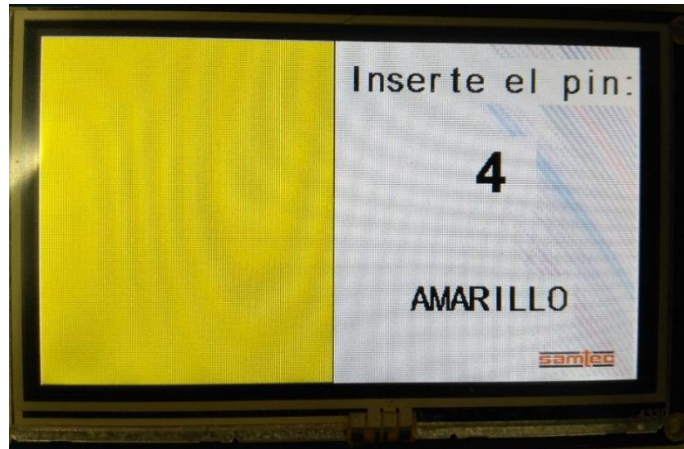


Figura 3.11 Pantalla de inserción del pin 4.

Al finalizar el ensamblaje el sistema muestra que el cable se terminó correctamente y es momento de realizar la prueba eléctrica, como se puede observar en la figura 3.12. Además, se cuenta con los botones de Continuar y Reset, si se presiona continuar, se puede ensamblar un nuevo cable con las mismas características del que se acaba de finalizar, y si se presiona el botón de Reset, se puede seleccionar nuevamente las opciones de patillaje y de cantidad de posiciones.

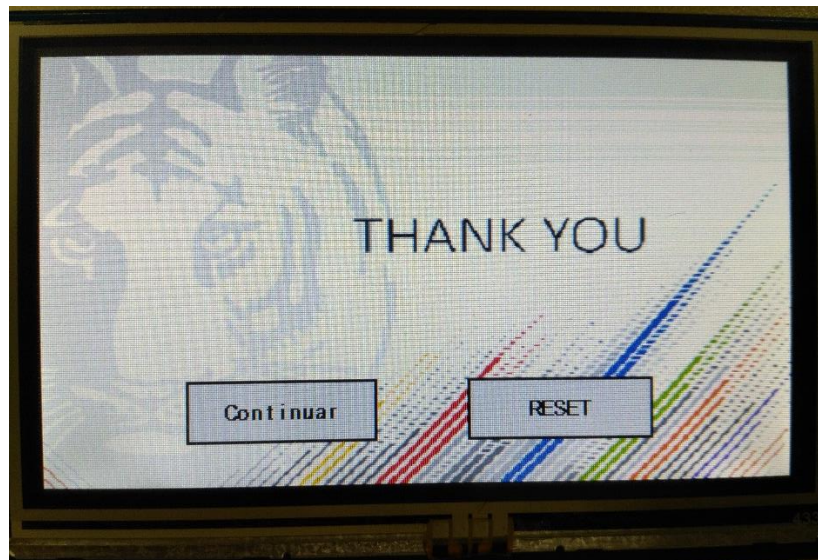


Figura 3.12 Pantalla final.

Para el funcionamiento de esta primera fase, se utilizaron los componentes que se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Componentes utilizados

Componente	Cantidad
Mux/Demux CD74HC4067M96	11
Resistencias 10kΩ 1/8 W	100
Arduino Nano	1
Pantalla Nextion 4.3'	1

Implementación del dispositivo

El dispositivo de asistencia visual se implementó satisfactoriamente, con ayuda del software EAGLE, se diseñaron los PCB's tanto para el circuito, como para los adaptadores de todos los tamaños de conectores, los planos de las tarjetas se pueden observar en los Anexos B.1 y B.2. En la figura 3.13 se muestra el PCB del circuito de control, en la parte superior se encuentra el conector donde se insertan los adaptadores.

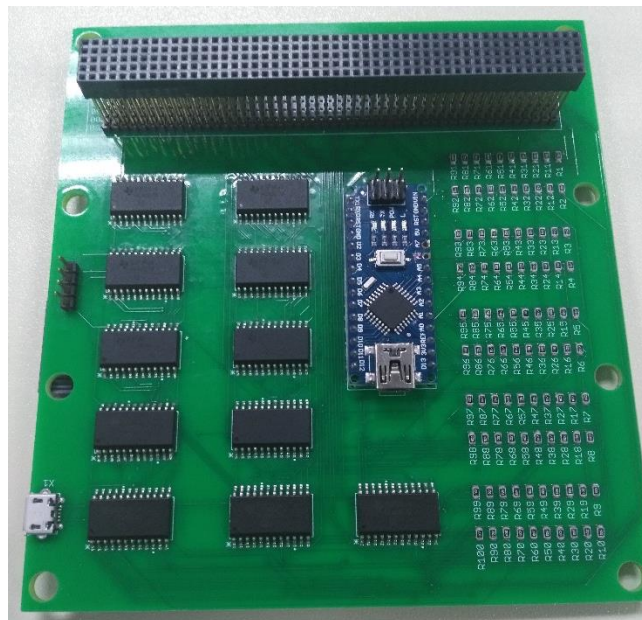


Figura 3.13 PCB del circuito de control

En la figura 3.14 se muestra uno de los adaptadores, en este caso es el de 15 posiciones, y en la figura 3.15 se puede observar el dispositivo con ambos PCB's conectados, listo para empezar el proceso de ensamble.

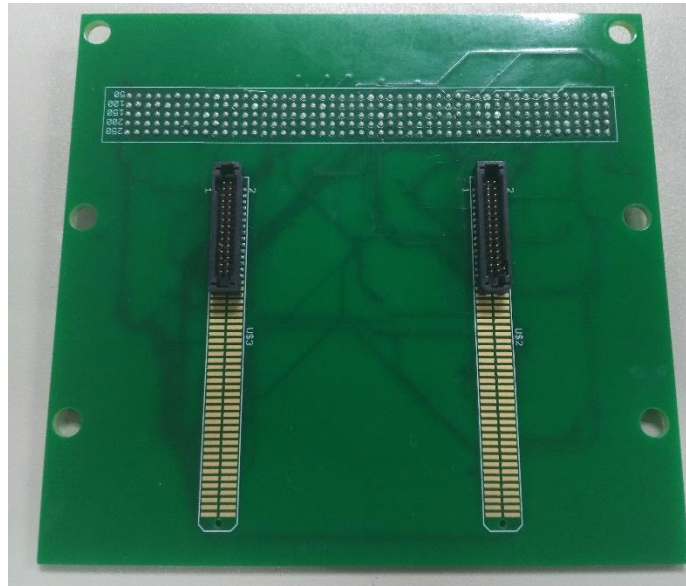


Figura 3.14 PCB del circuito adaptador



Figura 3.15 Ensamble de ambos PCB's conectados

Una vez listo el dispositivo, se procedió a las pruebas en el piso de producción, para determinar cómo afecta el sistema en los tiempos de ensamble, para esto se realizaron 2 pruebas iguales a 2 personas diferentes, la primera fue a una operaria con experiencia en el ensamble de estos conectores, a esta persona se le indicó que ensamblara dos conectores de 20 posiciones, el primero de forma convencional, que básicamente es en una prensa y el segundo hacerlo en el dispositivo. La segunda persona se le indicó que hiciera la misma prueba, con la diferencia de ser un operario sin experiencia en este conector, esto con el objetivo de ver el impacto de utilizar un sistema asistido, los resultados obtenidos se muestran en la tabla

Tabla 3.3 Tiempos de ensamble

	Tiempos (min)	
	Con Dispositivo de asistencia	Sin Dispositivo de asistencia
Operario con experiencia	5:20	5:15
Operario sin experiencia	9:30	14:35

Como podemos observar, en el caso de una persona que no conoce el proceso de ensamble, los tiempos con y sin el dispositivo fueron muy diferentes. Al momento de utilizar el sistema de ayuda, la persona logró terminar el conector 5 minutos más rápido, lo que significa que el dispositivo realmente es de gran ayuda para operarios principiantes. Por otra parte, al realizar la prueba con un operario que posee 5 años de experiencia en ensamble, la diferencia en tiempo fue de 5 segundos, pero el proceso según el operario fue más amigable y guiado lo que garantiza reducir los errores por distracción o descuido.

Durante los meses de marzo y abril, un prototipo del dispositivo estuvo a prueba en el piso de producción, de la figura 3.16 se observa como durante dichos meses el OD% se mantuvo en 0%, de esta forma podemos corroborar la correcta implementación del sistema, y que realmente se lograron solucionar los problemas en la producción. Cumpliendo de forma satisfactoria lo esperado por la empresa.

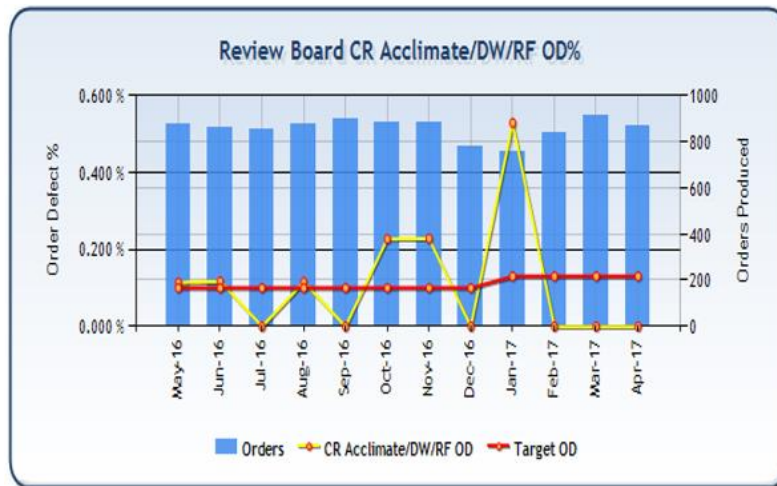


Figura 3.16 Porcentaje de defectos en las órdenes mensuales.

Funcionamiento

Después de inicializar el sistema con los parámetros antes mencionados, (patillaje y posiciones) una señal de 5v es enviada a través del pin 1, al cerrar el lazo mediante la inserción del cable por parte del operario, la señal llega al decodificador y es enviada de vuelta al arduino, que se encarga de controlar los selectores de los multiplexores para enviar una nueva señal, pero ahora al pin 2 y así sucesivamente hasta llegar al número de posiciones que se seleccionó inicialmente. En la figura 3.17 se puede observar el circuito de la fase 1, este es una sección del circuito final, ya que como se muestra en la imagen, mediante 2 multiplexores se controlan 20 señales, y como el conector más grande cuenta con 100 cables, el dispositivo final consta de 5 secciones como esta, conectadas en paralelo.

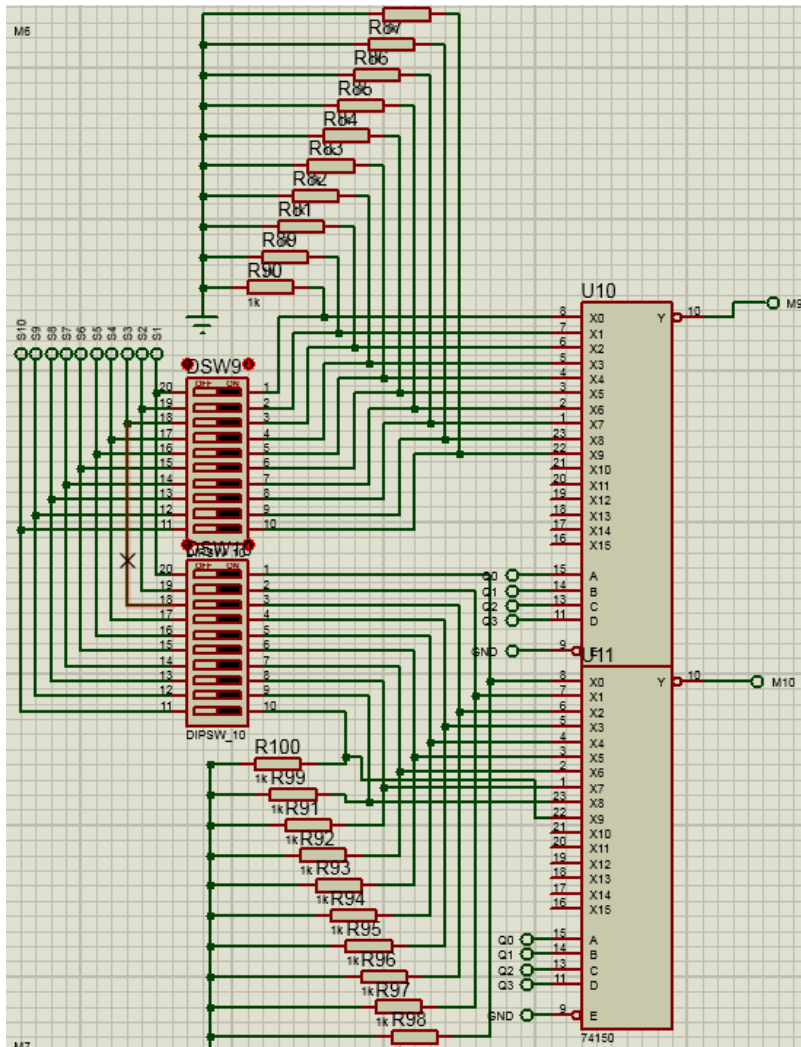


Figura 3.17 Simulación fase 1

Para simular la inserción del cable en el conector se utilizó un dip switch y mediante el software Proteus se comprobó el funcionamiento de esta primera etapa. Adicionalmente a las señales de control enviadas desde el arduino a los selectores, también se controla la pantalla táctil Nextion mediante comunicación serial. El arduino envía y recibe los diferentes comandos para mostrar en pantalla cada uno de las etapas del proceso de ensamblaje, así como también almacenar los parámetros. El diagrama de flujo del control se observa en la figura 3.18.

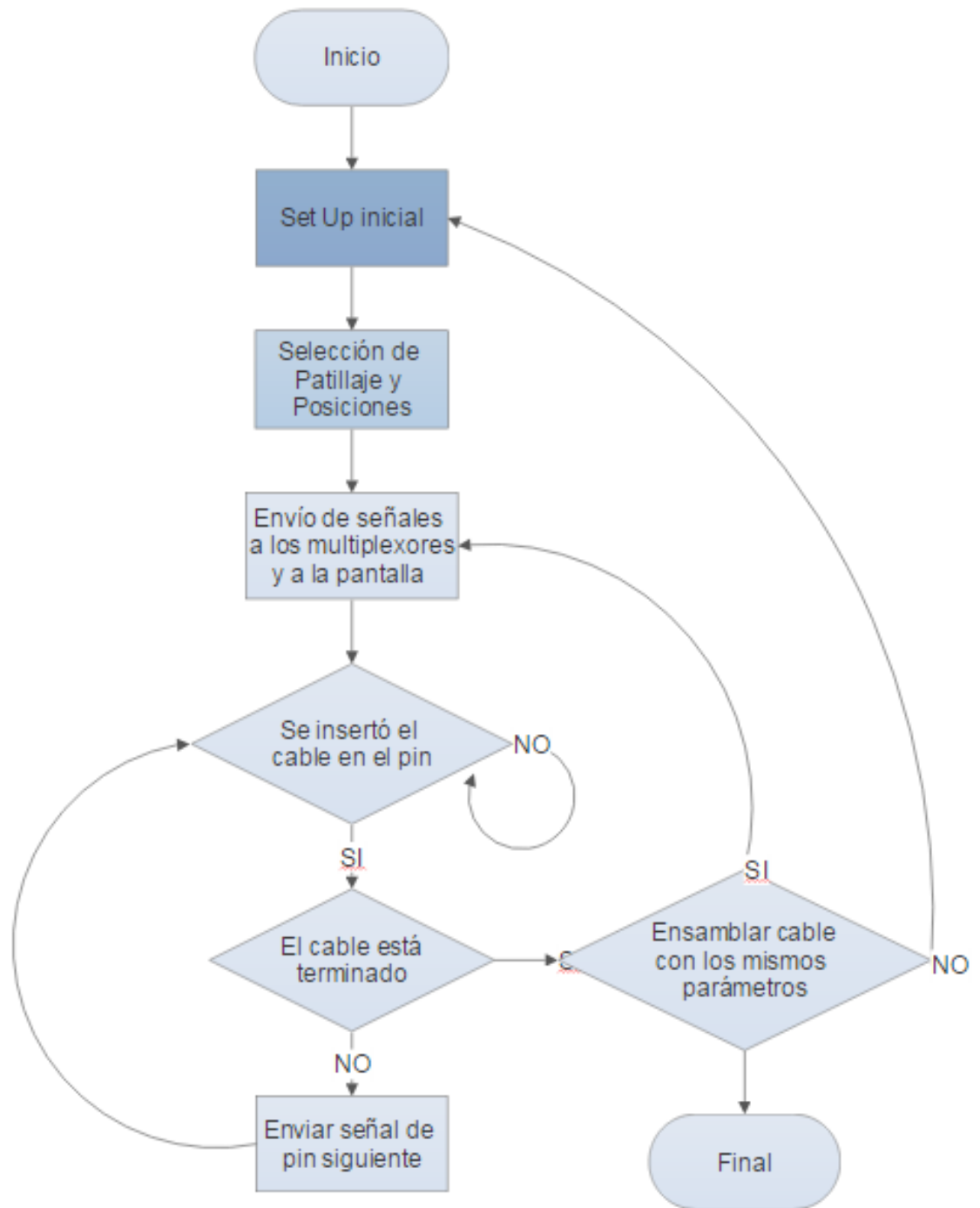


Figura 3.18 Diagrama de flujo fase 1

3.2.2 Proceso de Diseño Fase 2

La fase 2 debía ser capaz de determinar mediante una cámara si el conector en su etapa final posee el correcto patrón de color, para esto se determinó las características técnicas de la cámara a utilizar que se rigen a partir de varios parámetros que se ilustran en la figura 3.13.

1. Resolución: el tamaño del objeto más pequeño que el sistema de visión puede distinguir.
2. Campo de Visión: área máxima que la cámara puede inspeccionar.
3. Distancia de trabajo: distancia desde el frente de la lente de la cámara al objeto bajo inspección.
4. Tamaño del sensor: el tamaño del área activa del sensor de la cámara, normalmente definido por la dimensión horizontal del sensor.
5. Profundidad de campo: profundidad máxima del objeto que permanece dentro del campo de visión.
6. Imagen: La imagen bajo inspección.
7. Pixel: la división más pequeña que compone una imagen digital.
8. Resolución de píxeles: el número mínimo de píxeles necesarios para cubrir el objeto bajo inspección

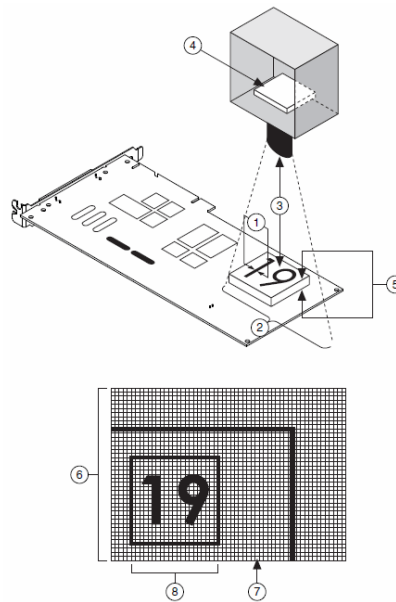


Figura 3.19 Parámetros de la cámara.

Cálculos para la cámara

Siguiendo el proceso de diseño, a continuación se detalla la parte de medidas de las partes involucradas, para esto se midieron algunas constantes de interés para los cálculos de la cámara:

- Campo de Visión (horizontal): 63.8 mm
- Resolución: 0.77 mm
- Distancia de trabajo 100 mm

Los datos anteriores fueron tomados según las distancias que se disponen tanto para la posición de la cámara, como para el diámetro del cable, que en este caso dicha medida corresponde a la distancia más pequeña que la cámara debe que ser capaz de ver. A partir de estos datos se puede calcular la resolución de la cámara, mediante la siguiente fórmula 3.1:

$$\text{Resolución de la cámara} = \frac{(\text{Campo de Vision})}{\text{Resolución}} \times 2 \quad (3.1)$$

$$= \frac{63.8 \text{ mm}}{0.77 \text{ mm}} \times 2 \quad (3.2)$$

$$= 165.7142 \text{ mm} \quad (3.3)$$

$$= 626.3217 \text{ px} \quad (3.4)$$

Teniendo una resolución mínima de 626.3217 píxeles se escoge una cámara a partir de valores comerciales que se ajusten a los requerimientos del diseño, algunos valores comerciales son los siguientes:

1. 640px x 480px
2. 1280px x 960px
3. 1600px x 1200px
4. 2448px x 2050px

Según los valores comerciales de las cámaras anteriores, la número 2 se ajusta perfectamente a los requerimientos, la número 1 no cumple con el mínimo, la 3 y 4 si cumplen las características, sin embargo, se descartan dado que el precio en las cámaras es directamente proporcional a la resolución, por lo que aumentaría el costo de la solución, y la empresa desea que el costo total se mantenga en el mínimo posible. Una vez determinada la resolución de la cámara, se toma el tamaño del sensor que este es proporcional a cada resolución, para una cámara de 1280px X 690px el sensor correspondiente es de 4.8mm x 3.6mm.

Con los datos anteriores se procede a calcular el lente de la cámara, para este cálculo se debe tomar en cuenta los parámetros de la figura 3.14.

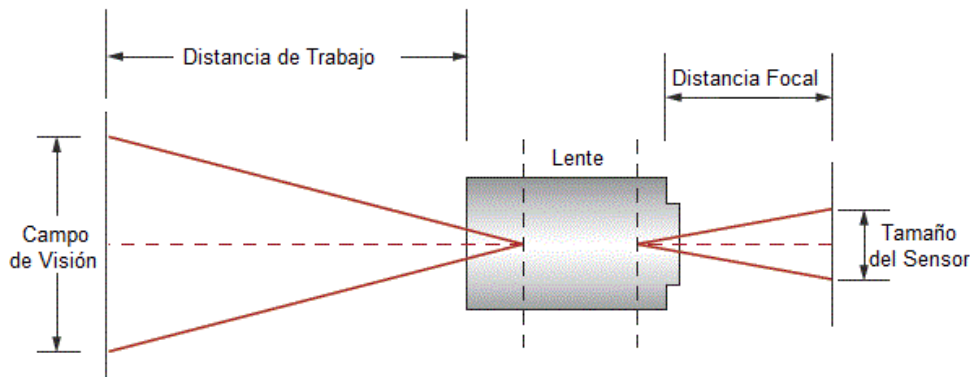


Figura 3.19 Parámetros de diseño

Con las distancias se calcula el lente mediante la fórmula 3.6:

$$Lente = \frac{\text{Tamaño del sensor}}{\text{Distancia de Trabajo}} \times \text{Campo de Visión} \quad (3.6)$$

$$= \frac{4.8 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \times 63.8 \text{ mm} \quad (3.7)$$

$$= 7.52 \text{ mm} \quad (3.8)$$

Se obtiene un lente de 7,52 mm para una distancia de trabajo de 100 mm, este valor no es comercial por lo que se escoge el valor de 8,5 mm que si se encuentra en el mercado, para este nuevo lente se recalcula la distancia de trabajo mediante la fórmula 3.9:

$$Distancia\ de\ trabajo\ (horizontal) = \frac{Lente}{(Tamaño\ del\ Sensor) \times (Campo\ de\ Vision)} \quad (3.9)$$

$$= \frac{8.5\ mm}{(4.8\ mm) \times (63.8\ mm)} \quad (3.10)$$

$$= 112.97\ mm \quad (3.11)$$

El valor de 112.97 mm de distancia de trabajo es para la cámara colocada en posición horizontal, empero, por cuestiones de diseño y espacio en el área donde va a estar ubicado el sistema de visión, se realizan los cálculos para la distancia de trabajo en posición vertical mediante la fórmula 3.12:

$$Distancia\ de\ trabajo\ (vertical) = \frac{Lente}{(Tamaño\ del\ Sensor) \times (Campo\ de\ Vision)} \quad (3.12)$$

$$= \frac{8.5\ mm}{(3.6\ mm) \times (63.8\ mm)} \quad (3.13)$$

$$= 150.63\ mm \quad (3.14)$$

Finalmente se obtiene una distancia de trabajo de 150.63 mm con la cámara en posición vertical con un lente de 8.5 mm

Para la escogencia de la cámara se utilizó un sistema de pesos según las características técnicas de cada proveedor, así como el software de desarrollo y el precio, este último siendo el más importante según las especificaciones fijadas por SAMTEC. Se tomaron en cuenta 3 empresas que comercializan cámaras de visión, estas fueron Cognex, National Instruments y Omron, después de un análisis de los requerimientos, los parámetros y el sistema de puntos la mejor opción es la que ofrece National Instruments con la cámara NI 1774C. En la tabla 3.2 se observa el análisis realizado.

Tabla 3.4 Escogencia de la cámara.

	COGNEX		National Instruments		Omron	
Cámara	IN-SIGHT 5705C	Puntaje	NI 1774C	Puntaje	Sensor de visión FQ2	Puntaje
Resolución	2448 x 2048	5	1280x960	4	1280x1024	4
Tamaño del sensor (pulg)	2/3	5	1/3	4	1/2	4
Procesador	-	1	1.6 GHz Intel Atom	5	-	1
Tasa de adquisición	14 fps	4	22.5 fps	5	14 fps	4
RAM	-	4	512 MB	4	-	1
Montaje	No incluido	1	Incluido	5	No incluido	1
Iluminación	CV-BA-82X15W-M12	5	Advanced Illumination RL127	5	Integrado	3
Software (Facilidad de Uso)	VisionPro	4	Vision Builder AI	5	PC Tool para FQ	3
Precio	\$13.800	3	\$6.800	4	\$6.000	5
Puntuación Total	32		41		26	

Funcionamiento

El sistema de visión se desarrolló con el Software Vision Builder de National Instruments, este cuenta con herramientas diseñadas para el procesamiento y análisis de imágenes en procesos industriales de manufactura. Para fines del proyecto se utilizaron las herramientas de color ya que el objetivo principal de la implementación es determinar el correcto patrón de color en los conectores. El tema de la iluminación es de vital importancia en los sistemas de visión, por lo que se diseñó un sistema de iluminación con barras de led de 3W (Vollong 3W White High Power Linear COB LED), con el fin de evitar sombras no deseadas y que la solución fuera más eficiente en la identificación de colores, este sistema se muestra en la figura 15

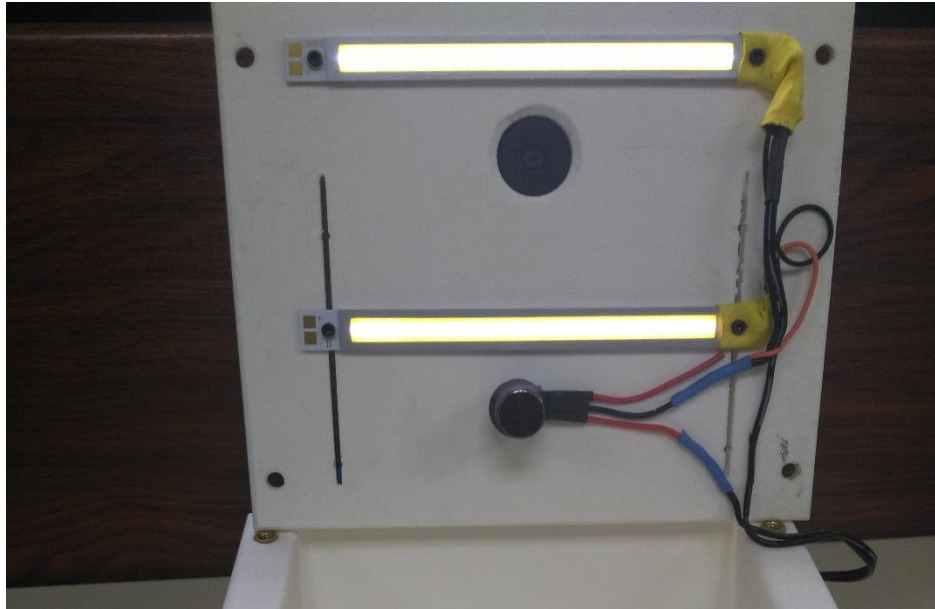


Figura 3.20 Sistema de iluminación

Adjunto a las barras de led, se tiene un potenciómetro el cual controla la intensidad de luz, además de un sistema corredizo de una de las barras de Led, esto con el fin de ajustar la posición y el ángulo ideal de iluminación para el sistema de visión, estos parámetros se ajustaron durante el proceso de diseño. Adicionalmente, para evitar reflexiones o cambios en la intensidad de la luz en el ambiente, se diseñó una caja cerrada, con una abertura donde se insertan los conectores para la inspección, en la figura 3.16 se observa la caja con cada una de sus partes.

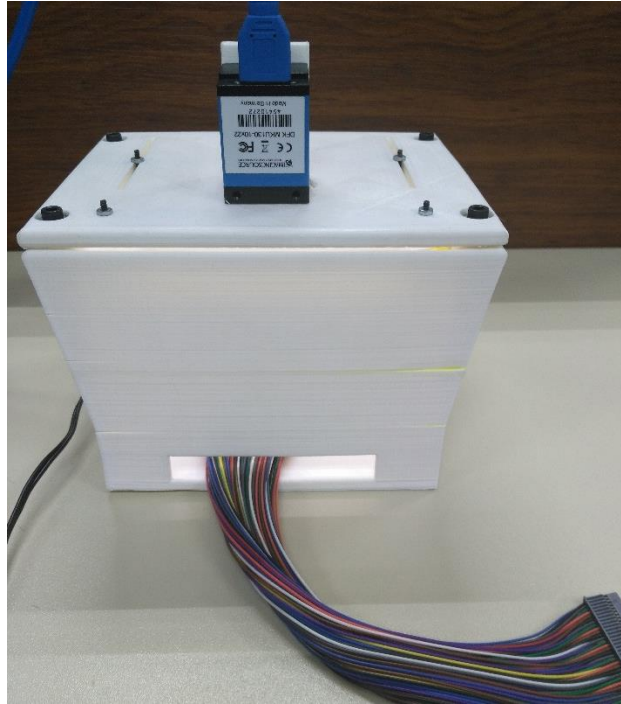


Figura 3.21 Sistema de visión

Debido a la cantidad de cables que se deben inspeccionar en el piso de producción, el sistema debe ser capaz de encontrar el cuerpo del conector en toda el área de visión de la cámara y determinar las coordenadas correctas donde se encuentra el cable, esto debido a que no se puede insertar cada conector a una posición fija, ya que aumentaría el tiempo del proceso en cerca de 10 segundos por cada cable, que en órdenes de compra de miles afectarían los tiempos de entrega, por lo tanto, el primer paso es determinar la posición del conector para disminuir el tiempo de la inspección. Para encontrar la base del conector se utilizó la herramienta “Find Straight Edge” que realiza un barrido de abajo a arriba en la imagen, y así coloca un eje de coordenadas de la posición del conector en la esquina inferior izquierda, para encontrar cada conector sin importar donde el operario colocó el cable, teniendo un margen de $\pm 25^\circ$ de rotación del conector, esto significa que el cable no necesariamente tiene que estar en una posición perpendicular, sino que también puede estar inclinado como se observa en la figura 3.17

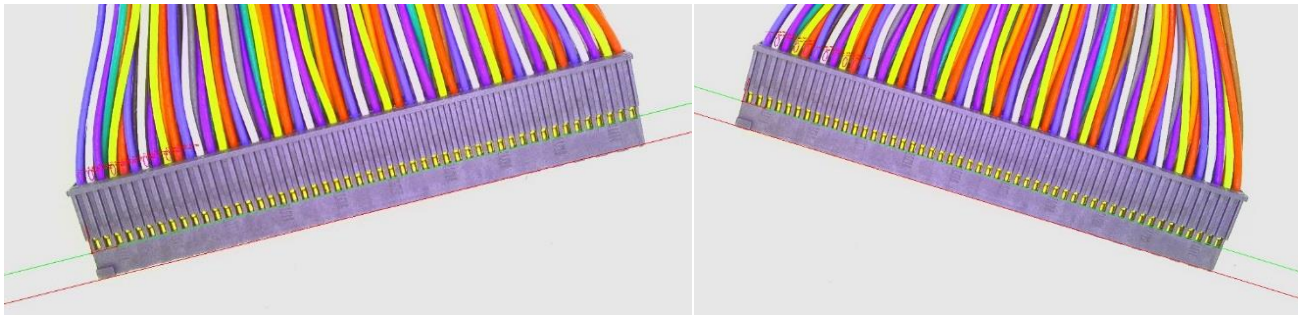


Figura 3.22 Conectores inclinados siendo encontrados por el sistema de visión.

En la figura se puede observar una línea roja y otra verde, estas líneas muestran como el programa encuentra el cuerpo del conector y ubica un eje de coordenadas, sin importar la inclinación o la posición. Una vez ubicado el eje de coordenadas sobre el cuerpo del conector, es necesario establecer la posición de los cables y poder determinar si tiene el patrón de color correcto. Para esto, a partir del eje de coordenadas como posición inicial, se utilizó la herramienta de “calipper”, esta permite moverse de forma precisa la distancia deseada a partir de un punto de referencia, para encontrar la posición exacta del cable justo en la base del conector, ya que al ser cables flexibles pueden cambiar de posición si son doblados por el operario, mientras que justo en la base, su posición no cambia, por esta razón se ubica el ROI como se muestra en la figura 3.18

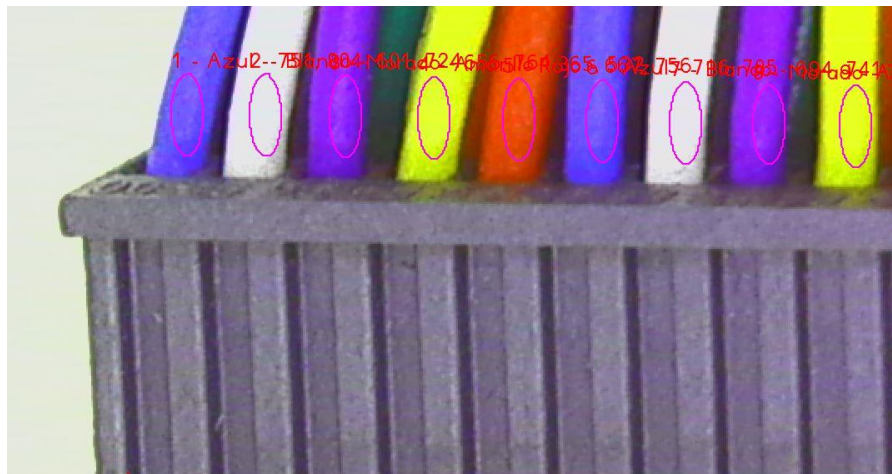


Figura 3.23 ROI en cada uno de los cables del conector

Los óvalos que se observan en la figura son las regiones de color que se van a inspeccionar, gracias a la herramienta de “calipper” estos óvalos son colocados a 1,27mm de distancia entre cada uno, y a 11.18mm de la base del conector, de esta forma el sistema es capaz de ubicar con precisión la región de interés para el sistema. Las medidas para la ubicación del conector y de la base de los cables fueron tomadas del plano del conector como se muestra en la figura 3.19

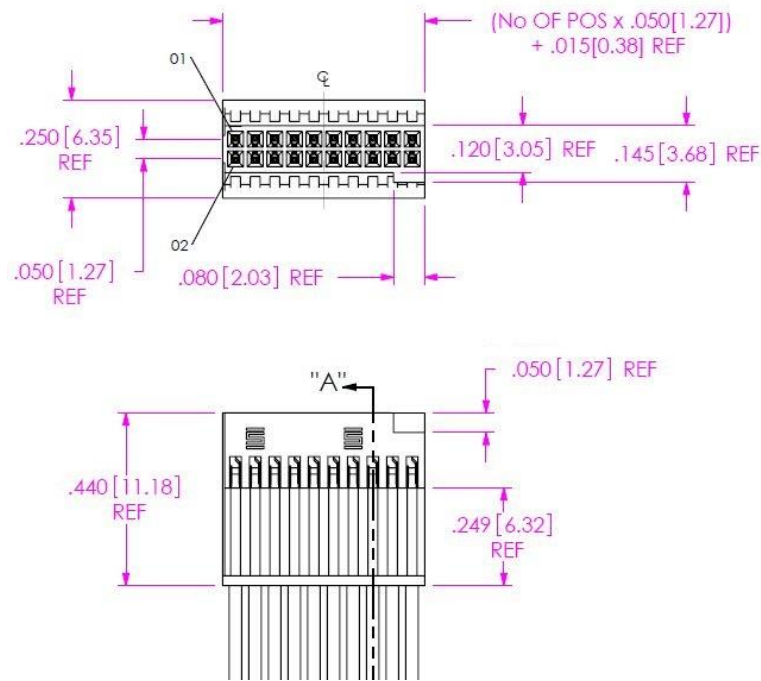


Figura 3.24 Plano del conector SFSD

Una vez ubicado el óvalo en la posición correcta, se procede a la determinación del color mediante la herramienta “Classify Colors”. La herramienta debió ser sometida a un proceso de entrenamiento previo, donde se clasificaron los colores según contraste saturación y brillo, y a partir de estos parámetros establecer cada uno de los rangos para los 10 colores diferentes. Los colores y las posiciones de cada cable se muestran en la figura 3.20 tomada del plano del conector.

SFSD color coded wire sequence										
	brown	red	orange	yellow	green	violet	gray	white	black	blue
	DWC-XX-01-300	DWC-XX-02-300	DWC-XX-03-300	DWC-XX-04-300	DWC-XX-05-300	DWC-XX-07-300	DWC-XX-08-300	DWC-XX-09-300	DWC-XX-10-300	DWC-XX-13-300
pin #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

1 Figura 3.25 Posición y color de los 100 cables

Una vez listo el entrenamiento de color, el sistema es capaz de clasificar cada uno de los 10 colores como se puede observar en las figuras 3.21 y 3.22, en las mismas los óvalos se colocaron en diferentes posiciones para poder leer cada uno de los colores, pero para efectos de la inspección final, los óvalos están colocados como se muestran en la figura 3.18

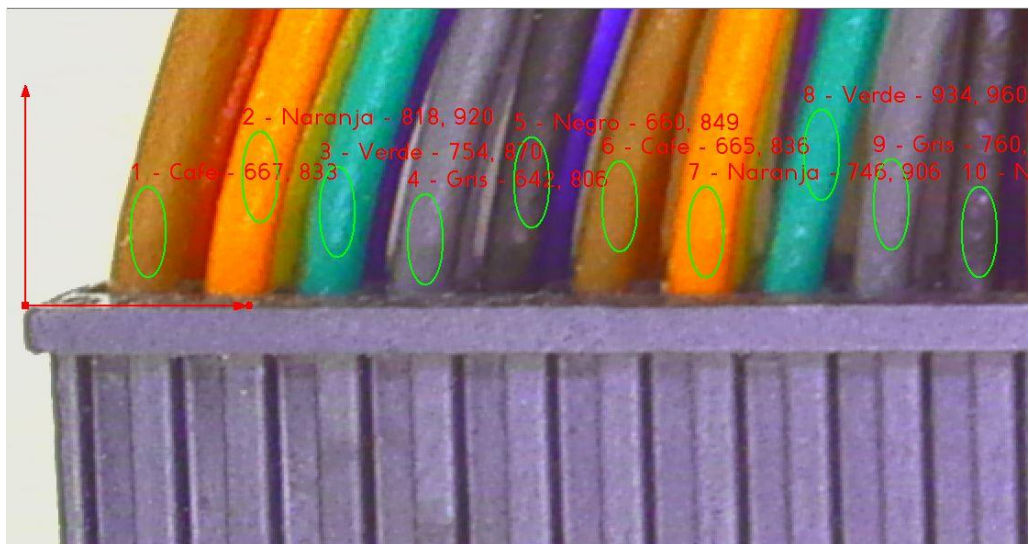


Figura 3.26 Ejemplo de identificación de color (Café, Naranja, Verde, Gris y Negro)

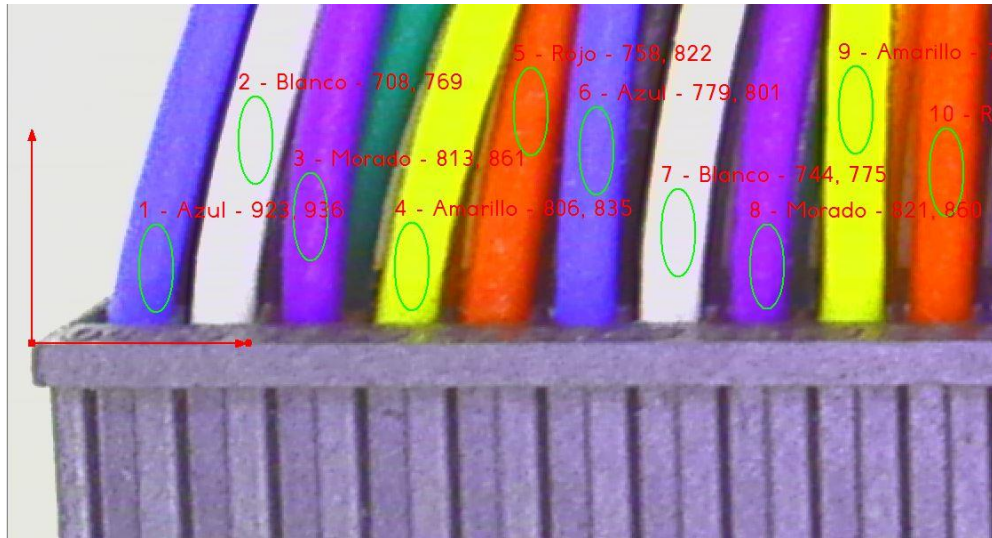


Figura 3.27 Ejemplo de identificación de color (Azul, Blanco, Morado, Amarillo y Rojo)

Interfaz grafica

El primer paso en el proceso de inspección, es digitar la cantidad de posiciones del conector a examinar, este es el único set up inicial en el ordenador, como se observa en la figura 3.23

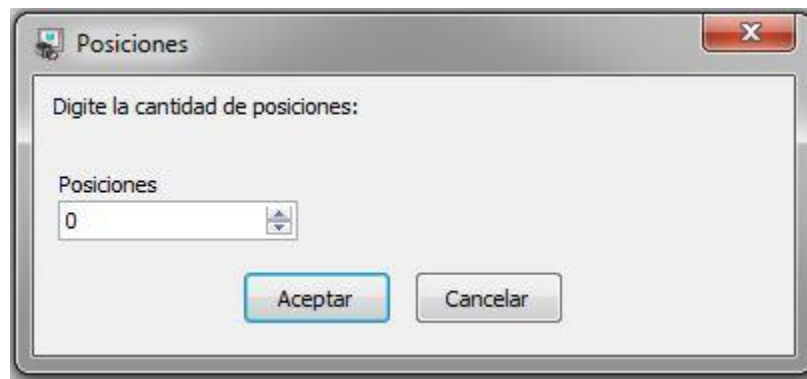


Figura 3.28 Cuadro de diálogo de cantidad de posiciones

Una vez seleccionada la cantidad de posiciones, es necesario inicializar la cámara, este paso es muy importante ya que pequeños cambios en parámetros como el contraste, saturación brillo y luminosidad afectan directamente en la detección correcta de un color. Terminado el proceso anterior, la cámara esta lista para inspeccionar los cables del tamaño seleccionado.

Debido a que el conector, como ya se ha mencionado anteriormente, posee 2 filas de cables, es necesario hacer la inspección 2 veces, una por cada lado del conector. Para reducir tiempos de inspección, el sistema detecta cual lado se insertó y así determina el tipo inspección utilizar, por lo que es independiente el lado del conector que se inserte en la caja.

Finalizada correctamente la inspección del primer lado, se despliega el cuadro de diálogo que se observa en la figura 3.24, seguido de un indicador led verde mostrando que el lado 1 posee el correcto patrón de color. Si el cable no cuenta con el patrón establecido no pasa la inspección y el sistema no continua.

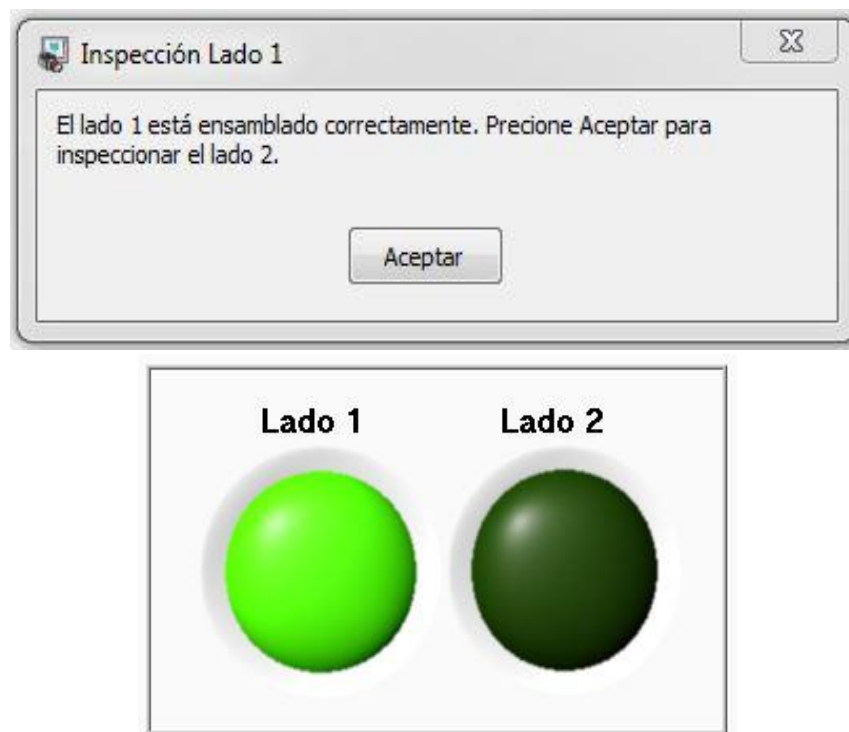


Figura 3.29 Identificación correcta del lado 1

Al terminar la inspección del lado 1, se inserta el cable en posición para verificar el lado 2, de igual manera si el cable cuenta con el correcto patrón de color se despliega el mensaje que se observa en la figura 3.25, y se enciende el led indicador para el lado 2, de no ser así el sistema no continua.



Figura 3.30 Identificación correcta del lado 2

El mensaje de la figura anterior indica que el cable está correcto, y muestra 2 opciones, si se presiona Aceptar se va a inspeccionar un cable con las misma cantidad de posiciones, y si se presiona Set Up vuelve a mostrar el cuadro de la figura 3.23, para inicializar el sistema con un cable diferente.

Con la implementación de este sistema la empresa presentaría ahorros por más de \$60.000 ya que un problema de calidad interno tiene un costo de \$1000, mientras que un problema de calidad externo, que son los cables que llegan dañados al cliente, tiene un costo de \$10.000 cada uno, con estos resultados el retorno a la inversión se daría en un tiempo de al menos un mes.

Cámara utilizada

Debido a factores como el tiempo en la aprobación del presupuesto del proyecto, así como también la necesidad de un prototipo por parte de la empresa, el proyecto se realizó con una cámara de la compañía IMAGINGSOURCE, en el siguiente cuadro comparativo podemos ver la cámara seleccionada para la solución más óptima versus la cámara para el desarrollo del prototipo.

Tabla 3.5 Comparación con la cámara utilizada para el prototipo

	IMAGINGSOURCE	National Instruments
Cámara	DFK-MKU130-10X22	NI 1774C
Resolución	2448 x 2048	1280x960
Tamaño del sensor (pulg)	1/2.5	1/3
Procesador	-	1.6 GHz Intel Atom
Tasa de adquisición	1 fps	22.5 fps
RAM	-	512 MB
Montaje	No incluido	Incluido
Iluminación	No incluido	Advanced Illumination RL127
Software	Vision Builder AI	Vision Builder AI
Extras	-	Procesador integrado Sensores de Color Sensor de imagen Control integrado de iluminación Autofocus Coprocesador DSP
Precio	\$600	\$6.800

Con la cámara IMAGINGSOURCE se presentaron una serie de limitantes en el proceso de diseño del software de inspección, estas limitantes se detallan y se explican a continuación:

- Iluminación: No posee un control integrado de iluminación, por esta razón si el flujo luminoso varia, es necesario entrenar nuevamente el sistema ya que el rango de identificación de colores se desfasa.
- Enfoque: No posee Autofocus por lo que cada vez que la cámara es desconectada de la fuente de poder debe hacer el proceso de enfoque de manera manual.
- Identificación de color: Al no poseer un sensor de color integrado, la identificación de cada uno de los colores se realiza mediante una herramienta de manera manual, entrenando cada color por separado.
- Velocidad: la diferencia en fps generó problemas en el tiempo de identificación debido a que la cámara posee 1-fps mientras que la NI posee 17 fps.
- Profundidad: No posee sensor de imagen ni coprocesador DSP, por lo que no identifica objetos si la profundidad en el ROI cambia.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó una prueba con 50 conectores del tipo: SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX (Ver Anexo X) el cual cuenta con 50 posiciones y patillaje NDX. En la tabla se evaluaron 4 posibilidades positivo, positivo tardío (mayor a 5 segundos), falso positivo y falso negativo para así poder obtener un porcentaje de error del sistema de inspección. Los resultados obtenidos se pueden observar en la tabla X

Tabla 3.6 Pruebas en cable de 50 posiciones

Número de Prueba	Pieza	Positivo	Positivo tardío	Falso Positivo	Falso Negativo
1	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
2	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
3	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
4	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
5	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
6	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
7	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX		X		
8	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
9	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
10	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
11	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
12	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
13	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
14	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				X
15	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
16	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
17	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
18	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
19	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
20	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX		X		
21	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
22	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
23	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
24	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
25	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
26	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			

27	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
28	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
29	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
30	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
31	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
32	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX		X		
33	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
34	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
35	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
36	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				X
37	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
38	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
39	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				
40	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				
41	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX		X		
42	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				
43	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				
44	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				
45	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
46	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
47	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX				X
48	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
49	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			
50	SFSD-50-28C-F-10.00-D-NDX	X			

De la tabla anterior se observa que de las 50 piezas inspeccionadas, se identificaron correctamente 43 conectores, además se presentaron 4 positivos tardíos y 3 falsos negativos, con estos datos el porcentaje de error obtenido es de 14%.

A partir del 14% de error obtenido y de las pruebas realizadas, se puede ver que estos errores son producidos por los parámetros de la cámara IMAGINGSOURCE que están por debajo de los valores mínimos calculados, por otra parte la cámara de National Instruments posee características propias que la hacen más estable y precisa, como por ejemplo el procesador integrado, sensores de imagen y de color, coprocesador DSP, autofocus y control de iluminación. Extrapolando los resultados obtenidos con la cámara de prototipo, al utilizar la cámara NI 1774C se reduciría a 0% el error.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones y recomendaciones

Durante el proceso de diseño del proyecto, el objetivo principal de la implementación fue disminuir el porcentaje de defectos en las órdenes, que para los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero aumentaron considerablemente, superando los límites máximos establecidos. Con la implementación de la primer etapa se logró reducir el OD% de 0.27% a 0%, este resultado es aún mejor que el planteado en los indicadores, ya que se tenía como objetivo reducirlo a 0.1%.

La etapa 1 cuenta con dispositivos que podrían llegar a dañarse por el uso continuo de los operarios, por lo que un sistema cerrado que impida el contacto directo con los componentes y las pistas del PCB, sería un aspecto a mejorar y una recomendación importante, esto para garantizar la sostenibilidad en el tiempo del sistema, y que no sufra desperfectos debido al polvo, humedad o uso indebido del dispositivo. Además al tratarse de una pantalla táctil se recomienda un protector anti rayones y un encapsulado para garantizar un correcto funcionamiento.

El prototipo del sistema de visión, como se pudo ver en el análisis, posee algunas deficiencias por la naturaleza de la cámara, ya que no cumple con todas las especificaciones técnicas necesarias, además no tiene las herramientas de control automático que posee la cámara de National Instruments.

Pese a estas limitantes se logró un 14% de error para una muestra de 50, del error obtenido, el 8% fueron positivos tardíos debido a los fps que posee la cámara IMAGINGSOURCE, que hacen que el sistema sea lento, por lo que el restante 6% se debió a las características mencionadas anteriormente: Iluminación, enfoque identificación de color y profundidad. Inicialmente se propuso una tolerancia del sistema de 1%, este porcentaje no se logró alcanzar, pero debido a la naturaleza del error, se concluye que es posible llegar al 0% mediante el cambio de cámara al modelo 1774C de National Instruments.

Uno de los errores presentados con la cámara IMAGINGSOURCE podría ser solucionado mediante la implementación de un sistema de 3 cámaras, de esta forma se puede crear un control para la profundidad, además de una mejor imagen del conector.

En cuanto al sistema de alertas, en ambos sistemas se logró satisfactoriamente la implementación, para la etapa 1 al insertar incorrectamente un cable, el sistema no realiza ninguna acción e indica que se inserte el cable correcto, hasta ser insertado en la posición correspondiente el dispositivo indica que puede continuar con el proceso de ensamble. Para la etapa 2 el sistema de alertas funciona correctamente, tanto de manera visual por medio de leds, así como también ventanas de dialogo donde se indica que el cable está correcto y que se debe de hacer para continuar. Ambos sistemas fueron puestos en el piso de producción para analizar las respuesta de los operarios, para ambos casos se obtuvo un 100% de comprensión de los sistemas cumpliendo con los objetivos establecidos

En cuanto al sistema de visión es recomendable realizar calibraciones periódicamente, esto para garantizar la fiabilidad del sistema, además por las condiciones del piso de producción se debe limpiar el lente de la cámara con frecuencia, mismo caso sucede con el área de visión de la cámara para evitar falsos negativos por presencia de objetos o cables con color que puedan interferir en la inspección.

Gracias a la implementación de ambos sistemas y su integración, se logró desarrollar habilidad en uso de herramientas de software como Vision Builder, Arduino IDE y Solid Works. Referente a nivel de SAMTEC, se aprendió el manejo de una línea de producción, así como también de los procesos de ingeniería de manufactura. Y no menos importante, se obtuvo experiencia laboral.

Bibliografía

Arduino. (s.f.). Tutorials. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>

Gonzalez R.C. Woods R.E. "Digital image processing using MATLAB". Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004, 154-160

Hyun Tae Kim Young Min Jang Sang Bock Cho Fire "Extinguisher Recognition using Robust Color Detection and Gamma Correction" ITC-CSCC p 1049 _ P3-15 2016.

ITEAD. (Abril de 2016). Nextion Editor Quick Start Guide. Obtenido de www.itead.cc/wiki/Nextion_Editor_Quick_Start_Guide

National Instrumets. (15 de Marzo de 2011). Image Acquisition System Setup. Obtenido de www.ni.com/white-paper/4229/en/#toc1

National Instrumets. (2011). NI Vision Builder for Automated Inspection Tutorial. Austin, Texas.

National Instrumets. (Junio de 2015). Setting Up Your Imaging System. Obtenido de zone.ni.com/reference/en-XX/help/372916T-01/nivisionconcepts/

Noor A. Ibraheem 2 Mokhtar M. Hasan 3Rafiqul Z. Khan 4 Pramod K. Mishra "Understanding Color Models: A Review" ARPN. vol. 2 no. 3 pp. 265 – 275 April 2012.

SAMTEC. (s.f.). About Us. Obtenido de www.samtec.com/about

Anexo B.3

REVISION

AR	GP	B Saylor
12/18/2014	ECN-341823	
SHT 1, CALLOUT, CHG NO OF POSITIONS FROM 02, 03, 04, 05, 07, 10, 13, 20, 23, 30, 35, 40, 45 & 50 (PER ROW) TO 02 THRU 50 (PER ROW).		
AS	JZ	B Lyers
3/17/2016	ECN-269397	
CALLOUT, FEP CABLE OPTION, 1 OPTION DEL. (SEE NOTE 9). NOTES: DEL NOTE 9. ADD NOTE 13. TABLE 1. ADD "SEE NOTE 13" FOR SFSDT SERIES.		
AT	JZ	B Saylor
11/15/2016	ECN-269215	
NOTES: ADD NOTE 14. ADD SHT 5.		
AU	BL	D TERRELL
5/4/2017	ECN-300261	
SHT 5, 7, 9, 13 & 4. CALLOUT, CHG "SFSDX-10-28-XX-XX-XX-5" TO "SFSDX-10-28-XX-XX-XX-5".		

SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-XXX

FEP CABLE OPTION:
-T: FEP (LEAVE BLANK FOR STANDARD PVC INSULATION)

NO OF POSITIONS:
-02 THRU -50 (PER ROW)

WIRE GAUGE (AWG):
-28, -30

COLOR CODE:
LEAVE BLANK FOR ALL BLACK WIRE
C: COLOR CODED WIRE (SEE TABLE 4, SHT 3) (NOT AVAILABLE WITH FEP OPTION)

PLATING SPECIFICATION:
-H: 30µ" HEAVY GOLD IN CONTACT AREA, 3µ" GOLD ON TAIL
-G: 10µ" LIGHT GOLD IN CONTACT AREA, 3µ" GOLD ON TAIL
-F: 3µ" FLASH GOLD IN CONTACT AREA, 3µ" GOLD ON TAIL
-GF: 3µ" FLASH SELECTIVE IN CONTACT AREA, 3µ" GOLD ON TAIL (ONLY AVAILABLE TO EXISTING CUSTOMERS; SEE "F PLATING") (SEE TABLE 3, SHEET 1)

ASSEMBLED LENGTH:
SPECIFY IN INCHES
(SINGLE END: 03.00 INCH [76.2mm] MINIMUM, DOUBLE END: 03.25 INCH [82.6mm] MINIMUM)

END OPTION (END OPTION COMBINATIONS NOT AVAILABLE):
-S: SINGLE END
-D: DOUBLE END (MUST CHOOSE FROM -NXX OPTIONS)
-SL: SINGLE ENDED WITH FRICTION LOCK (SEE SHEET 2, FIG 3) (ONLY AVAILABLE ON "S" 7, 10 THRU 50 POSITION)
-DL: DOUBLE ENDED WITH FRICTION LOCK (SEE SHEET 2, FIG 4) (ONLY AVAILABLE ON "S" 7, 10 THRU 50 POSITION)
-SR: SINGLE ENDED WITH RETENTION LATCH (SEE SHEET 3, FIG 5) (ONLY AVAILABLE ON -02 THRU -50 POS)
-DR: DOUBLE ENDED WITH RETENTION LATCH (SEE SHEET 3, FIG 6) (ONLY AVAILABLE ON -02 THRU -50 POS)
-SS: DUAL SCREW DOWN, SINGLE ENDED CABLE (SEE SHT 4, FIG 7) (NOT AVAILABLE WITH OPTIONS SL, DL, SR & DR USES ISDF-XX-D-S, CPS-RR-XX-XX-X & ACCRT-01)
-DS: DUAL SCREW DOWN, DOUBLE ENDED CABLE (SEE SHT 4, FIG 8) (NOT AVAILABLE WITH OPTIONS SL, DL, SR & DR USES ISDF-XX-D-D-S, CPS-RR-XX-XX-X & ACCRT-01, MUST CHOOSE FROM NXXX OPTIONS)

FIG 1
-S: SINGLE END
SFSD-10-28-XX-XX-XX-5 SHOWN

FIG 2
-D: DOUBLE END
SFSD-10-28-XX-XX-XX-D-NUS SHOWN (SAME AS FIG 1, UNLESS OTHERWISE STATED)

TABLE 3: PLATING

PLATING	CONTACT
-H	C-203-2830-H or CC03X-2830-01-H
-GF	C-203-2830-GF or CC03X-2830-01-GF
-G	C-203-2830-G or CC03X-2830-01-G
-F	C-203-2830-GF or CC03X-2830-01-GF

NOTES:

- ⊙ REPRESENTS A CRITICAL DIMENSION.
- MINIMUM PULLOUT FORCE: 3.0 LBS [13.3 N].
- CONTACT MUST BE INSERTED UNTIL RETENTION FEATURE LOCKS INTO PLACE.
- ALL FINISHED GOODS ARE TO BE ELECTRICAL TESTED INCLUDING HI-POT TEST AT 1000 VOLTS DC, AFTER FINAL ELECTRICAL TEST, LABEL EACH ASSEMBLY WITH 1 LABEL-ET STAMP ON THE BODY.
- TINNED COPPER WIRE IS ROHS COMPLIANT.
- PARTS TO BE LAYER PACKAGED.
- NOTE DELETED.
- FOR LENGTHS LESS THAN 12 IN, TOLERANCE SHALL BE +/- .125.
- FOR OTHER LENGTHS, TOLERANCE SHALL BE +/- 2%.
- NOTE DELETED.
- REFER TO CRIMP SPECIFICATIONS PRINT FOR CRIMP AND STRIP DIMENSIONS, TOLERANCES, TOOLING AND ITS REQUIREMENTS.
- 3LB MIN WIRE CRIMP STRENGTH FOR -30 AWG AND 4.5LB MIN WIRE CRIMP STRENGTH FOR -28 AWG.
- NOTE DELETED.
- TC TEFLON USE FOR DOUBLE ENDED ASSEMBLIES ONLY.
- ALL SINGLE ENDED ASSEMBLIES USE SILVER PLATED DWCT-XX-01.
- CUT LENGTH IS ASSEMBLY LENGTH MINUS OVERALL LENGTH SUBTRACTOR.

TABLE 1

SERIES	WIRE GAUGE	CABLE
SFSD	28 AWG	DWC-28-XX-300
SFSD	30 AWG	DWC-30-XX-300
SFSDT (SEE NOTE 13)	28 AWG	DWCT-28-XX-TC
SFSDT (SEE NOTE 13)	30 AWG	DWCT-30-XX-TC

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN INCHES. TOLERANCES ARE:

DECIMALS	ANGLES
.XX: ±.01 [.3]	2°
.XXX: ±.005 [.13]	
.XXXX: ±.0020 [.051]	

MATERIAL:
INSULATOR: LCP UL 94V-0, COLOR: BLACK
CONTACT: BeCu
CABLE INSULATION: PVC OR FEP
WIRE: DWC: TINNED COPPER.

PROPRIETARY NOTE:
THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION AND ALL DESIGN, MANUFACTURING, REPRODUCTION, USE, PATENT RIGHTS AND SALES RIGHTS ARE EXPRESSLY RESERVED BY SAMTEC, INC. THIS DOCUMENT SHALL NOT BE DISCLOSED, REPRODUCED OR PAKE TO ANY UNAUTHORIZED PERSON OR ENTITY NOR REPRODUCED, TRANSMITTED OR INCORPORATED IN ANY OTHER PRODUCT IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF SAMTEC, INC.

DO NOT SCALE DRAWING SHEET SCALE: 2:1

DESCRIPTION:
_050[1.27] SOCKET DISCRETE CABLE ASSEMBLY

DWG. NO.:
SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-XXX

BY: BRATCHER 5/5/2005 **SHEET 1 OF 5**

REVISION AU

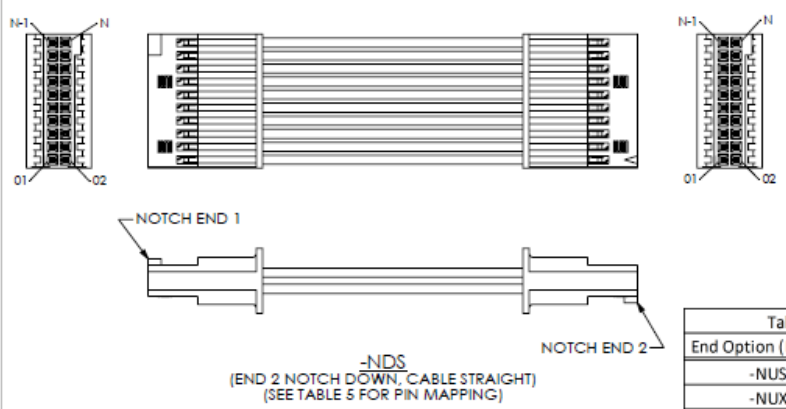
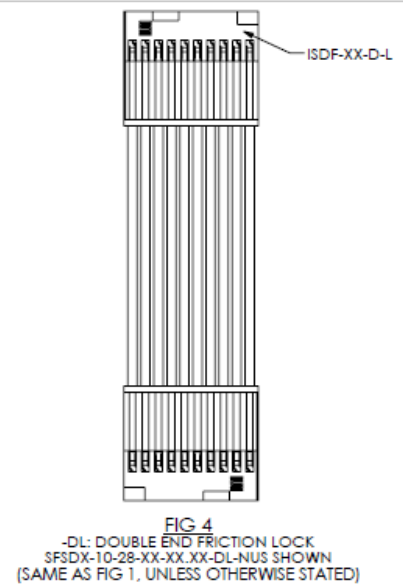
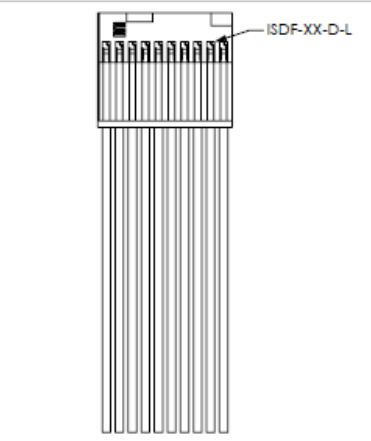
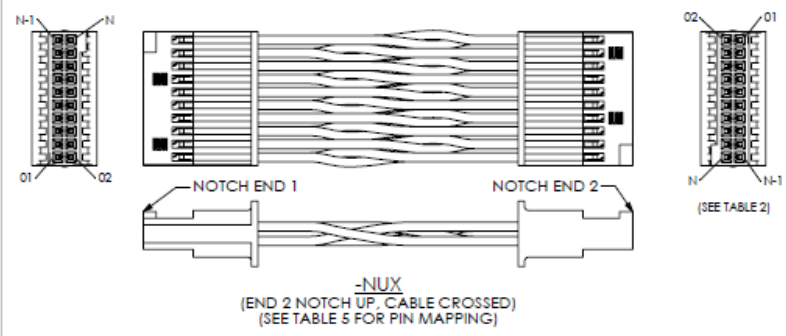
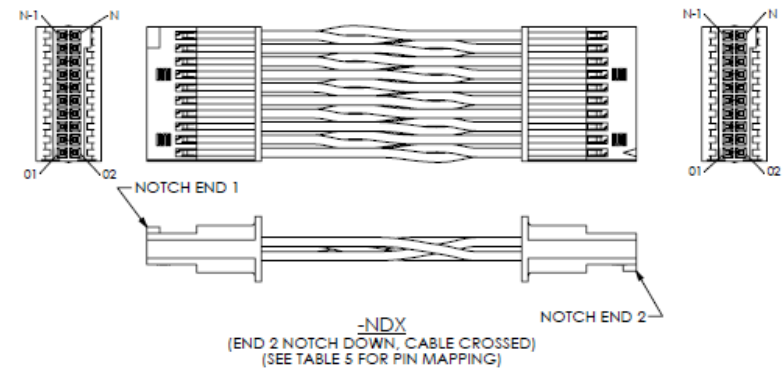
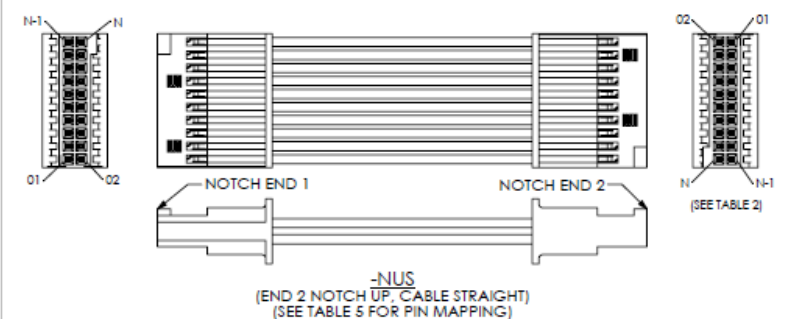


Table 5- Pin Mapping		
End Option (Double)	END 1	END 2
-NUS	01	N-1
-NUX	01	N
NDS	01	2
-NDX	01	1

SECRETARY NOTE
THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION AND ALL DESIGN, MANUFACTURING, REPRODUCTION, USE, PATENT RIGHTS AND SALES RIGHTS ARE EXPRESSLY RESERVED BY SAMTEC, INC. THIS DOCUMENT SHALL NOT BE DISCLOSED, IN WHOLE OR PART, TO ANY UNAUTHORIZED PERSON OR ENTITY NOR REPRODUCED, TRANSMITTED OR INCORPORATED IN ANY OTHER PRODUCT IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF SAMTEC, INC.

DO NOT SCALE DRAWING
SHEET SCALE: 1:0.571429

samtec
520 PARK EAST BLVD, NEW ALBANY, IN 47150
PHONE: 812-944-6733 FAX: 812-948-8047
e-Mail: info@SAMTEC.com code 55922

DESCRIPTION:
.050[1.27] SOCKET DISCRETE CABLE ASSEMBLY

DWG. NO.
SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-XXX

BY: BRATCHER 5/5/2005 SHEET 2 OF 5

F:\dwg\sw\extprod\assembly\cable\SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XXX-ASM.SLDRAW

REVISION AU

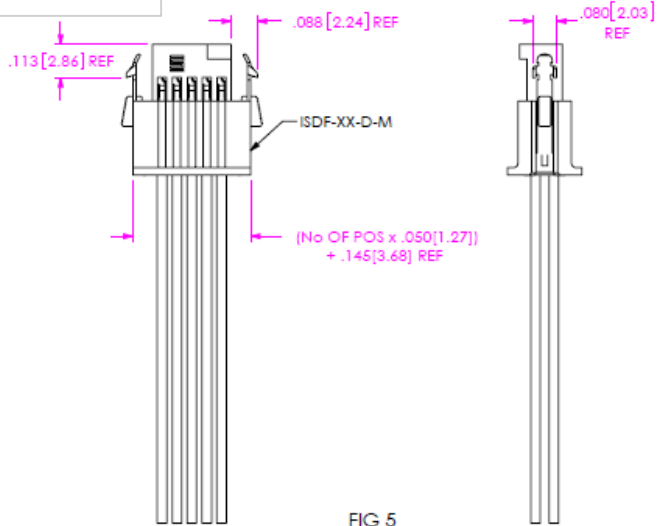


FIG 5
-SR: SINGLE END WITH RETENTION LATCH
SFSDX-05-28-XX-XX-XX-SR SHOWN
(ONLY AVAILABLE ON -02 THRU -50 POS)
(SAME AS FIG 1, UNLESS OTHERWISE STATED) **AU**

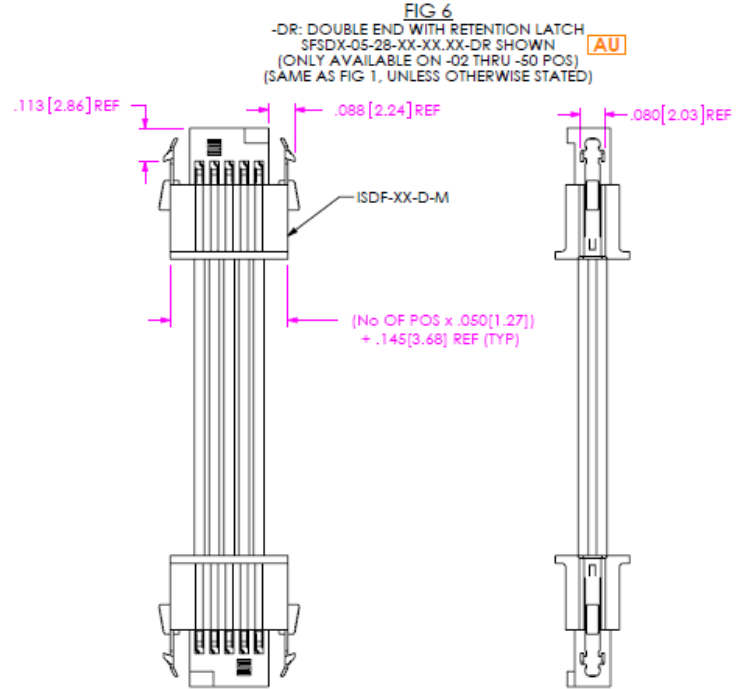


FIG 6
-DR: DOUBLE END WITH RETENTION LATCH
SFSDX-05-28-XX-XX-XX-DR SHOWN
(ONLY AVAILABLE ON -02 THRU -50 POS)
(SAME AS FIG 1, UNLESS OTHERWISE STATED) **AU**

TABLE 4

SFSD color coded wire sequence

	COLOR	red	orange	yellow	green	violet	gray	white	black	blue
	brown	DWC-XX-02-300	DWC-XX-03-300	DWC-XX-04-300	DWC-XX-05-300	DWC-XX-07-300	DWC-XX-08-300	DWC-XX-09-300	DWC-XX-10-300	DWC-XX-13-300
pin #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

CRITICAL DIMENSION INSPECTION INSTRUCTION TABLE	
ASSEMBLY OPERATION	IN-PROCESS INSPECTION
CUT CABLE/STRIP	SEE NOTE 10
CRIMP CONTACTS	SEE NOTE 10
POKE CONTACTS	C1, C3, C5
INSTALL CPS-RR & RR	C11, C12, C13, C14
E-TEST CABLE ASSEMBLY	C4
CPC'S INTENTIONALLY DELTED: C2, C10	

SECRETARY IN USE
THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION AND ALL DESIGN, MANUFACTURING, REPRODUCTION, USE, PATENT RIGHTS AND SALES RIGHTS ARE EXPRESSLY RESERVED BY SAMTEC, INC. THIS DOCUMENT SHALL NOT BE DISCLOSED, IN WHOLE OR PART, TO ANY UNAUTHORIZED PERSON OR ENTITY NOR REPRODUCED, TRANSMITTED OR INCORPORATED IN ANY OTHER PRODUCT IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF SAMTEC, INC.

DO NOT SCALE DRAWING
SHEET SCALE: 4:1

samtec

520 PARK EAST BLVD, NEW ALBANY, IN 47150
PHONE: 812-944-5733 FAX: 812-948-5047
e-Mail: info@SAMTEC.com code 55322

DESCRIPTION:
.050 [1.27] SOCKET DISCRETE CABLE ASSEMBLY
DWG. NO.
SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-XXX
BY: BRATCHER 5/5/2005 SHEET 3 OF 5

F:\dwg\sw\extprod\assembly\cable\SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-ASM.SLDDRW

REVISION AU

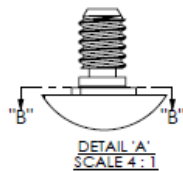
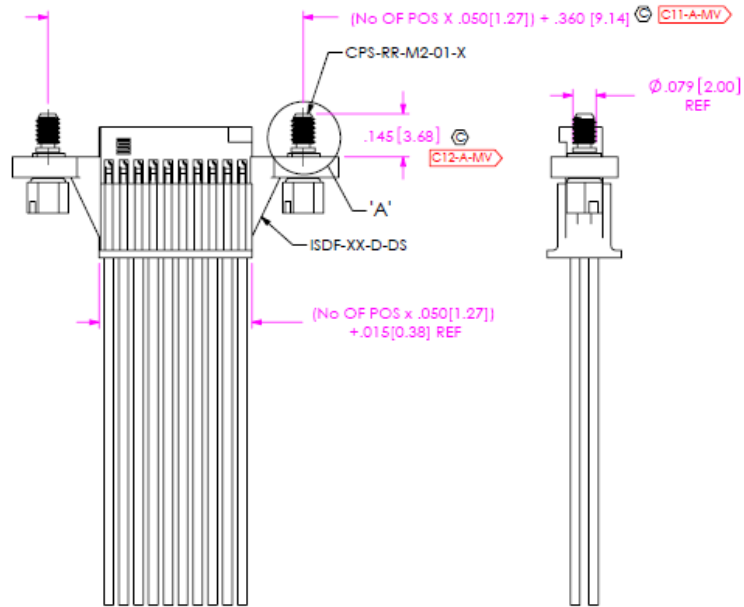
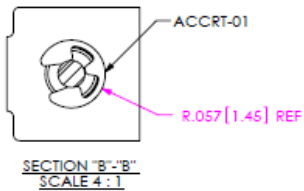


FIG 7
-SS: SINGLE END WITH SCREW DOWN
SFSDX-10-XXX-XX-XX-SS SHOWN
(SAME AS FIG 1, UNLESS OTHERWISE STATED)



F:\dwg\sw\exdprod\assembly\cable\SFSDX-10-XXX-XX-XX-SS-ASM.SLDDRW

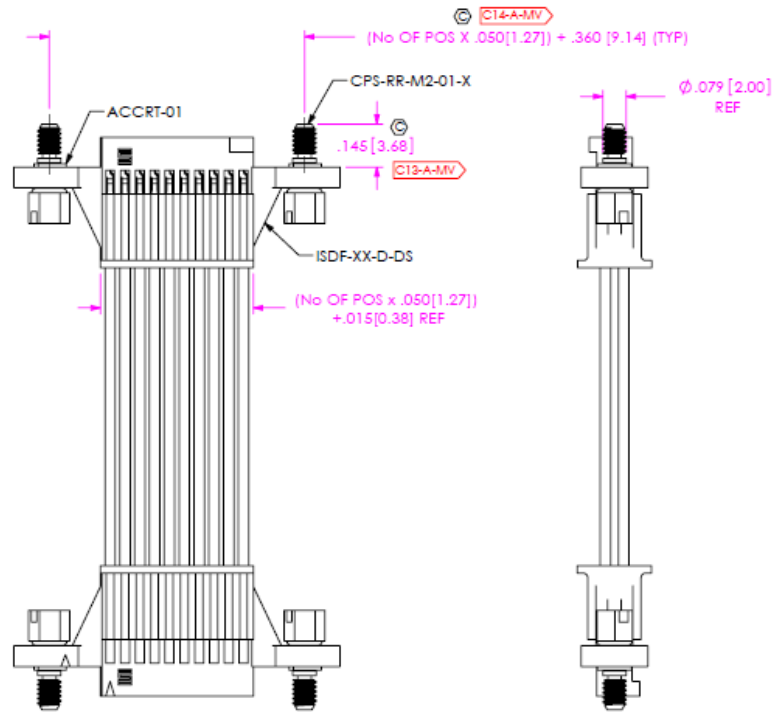


FIG 8
-DS: DOUBLE END WITH SCREW DOWN
SFSDX-10-XXX-XX-XX-DS-ND5 SHOWN
(MUST CHOOSE FROM -NXXX OPTIONS)
(SAME AS FIG 1, UNLESS OTHERWISE STATED)

<p>• PROPRIETARY NOTICE •</p> <p>THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION AND ALL DESIGN, MANUFACTURING, REPRODUCTION, USE, PATENT RIGHTS AND SALES RIGHTS ARE EXPRESSLY RESERVED BY SAMTEC, INC. THIS DOCUMENT SHALL NOT BE DISCLOSED, IN WHOLE OR IN PART, TO ANY UNAUTHORIZED PERSON OR ENTITY NOR REPRODUCED, TRANSMITTED OR INCORPORATED IN ANY OTHER PROJECT IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF SAMTEC, INC.</p> <p>DO NOT SCALE DRAWING</p> <p>SHEET SCALE: 2:1</p>	<p>520 PARK EAST BLVD, NEW ALBANY, IN 47150 PHONE: 812-944-6733 FAX: 812-948-5247 e-Mail: info@SAMTEC.com code 55322</p>
	<p>DESCRIPTION: .050[1.27] SOCKET DISCRETE CABLE ASSEMBLY</p>
	<p>DWG. NO. SFSDX-XX-XXX-XX-XX-XX-XX-XXX</p>
	<p>BY: BRATCHER 5/5/2005 SHEET 4 OF 5</p>

REVISION AU

CABLE CUT IN-PROCESS

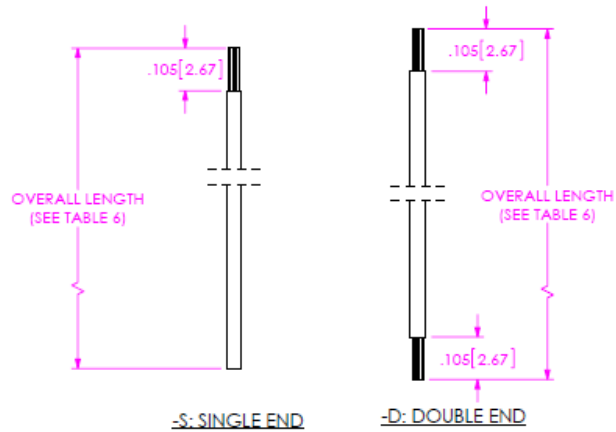



TABLE 6 (OVERALL LENGTH SUBTRACTORS) (SEE NOTE 14)	
	LENGTH
-S: SINGLE END	.249 [6.325]
-D: DOUBLE END	.448 [11.379]

<p>• PROPRIETARY NOTE •</p> <p>THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION AND ALL DESIGN, MANUFACTURING, REPRODUCTION, USE, PATENT RIGHTS, AND TRADE RIGHTS ARE EXPRESSLY RESERVED BY SAMTEC, INC. THIS DOCUMENT SHALL NOT BE DISCLOSED, IN WHOLE OR IN PART, TO ANY UNAUTHORIZED PERSON OR ENTITY NOR REPRODUCED, TRANSMITTED OR INCORPORATED IN ANY OTHER PROJECT IN ANY MANNER WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN CONSENT OF SAMTEC, INC.</p>	 <p>520 PARK EAST BLVD, NEW ALBANY, IN 47150 PHONE: 812-944-6733 FAX: 812-948-8047 e-Mail: info@SAMTEC.com code 55322</p>
<p>DESCRIPTION: .050[1.27] SOCKET DISCRETE CABLE ASSEMBLY</p>	
<p>DWG. NO. SFSDX-XX-XXX-XX-XX.XX-XX-XXX</p>	
<p>BY: BRATCHER 5/5/2005 SHEET 5 OF 5</p>	